



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene

*Stenagervænget 47*

Larsen, Tine Steen; Jensen, Rasmus Lund; Daniels, Ole

*Publication date:*  
2012

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Larsen, T. S., Jensen, R. L., & Daniels, O. (2012). *Målinger og Analyse af Indeklima og Energiforbrug i Komforthusene: Stenagervænget 47*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 133

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene - Stenagervænget 47

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels





Måleprogram For  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sektion for Architectural Engineering

**DCE Technical Report No. 133**

# **Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i komforthusene**

**- Stenagervænget 47**

Tine Steen Larsen  
Rasmus Lund Jensen  
Ole Daniels

Januar 2012

© Aalborg Universitet



## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2012 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sohngårdsholmsvej 57,  
DK-9000 Aalborg, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-726X  
DCE Technical Report No. 133

## Forord

Denne rapport beskriver måleprogram og resultater for Komforthuset beliggende Stenagervænget 47, Skibet, 7100 Vejle. Måleprogrammet er gennemført af Aalborg Universitet i en tre-årig periode med opstart 1. oktober 2008. Rapporten giver en gennemgang af resultaterne fra ovenstående bolig. Generelle resultater fundet for alle huse i projektet findes i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Desuden henvises til rapporten *"Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri"*, som er udgivet fra Aalborg Universitet i januar 2011 (se referenceliste)

Aalborg Universitet, januar 2012

*Tine Steen Larsen*

Lektor



## Indholdsfortegnelse

1.	Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima .....	9
1.1	Beboerprofil for Stenagervænget 47 .....	9
2.	Krav til indeklima og energiforbrug .....	11
2.1	Termisk indeklima .....	11
2.2	Atmosfærisk indeklima .....	12
2.3	Dagslys .....	14
2.4	Akustisk indeklima .....	15
2.5	Vurderingskriterier oversigt .....	17
2.6	Energiforbrug .....	18
2.7	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	18
2.8	Overholdelse af passivhus-anbefalingerne .....	18
3.	Beskrivelse af huset .....	19
3.1	Husets varmekorsyning .....	21
3.2	Be06 / PHPP nøgletal .....	21
3.3	Problemer i huset .....	23
4.	Beskrivelse af målinger .....	25
4.1	Løbende målinger .....	25
4.2	Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset) .....	28
4.3	Yderligere målinger/beregninger .....	28
5.	Resultater for indeklima-analyser .....	31
5.1	Termisk indeklima .....	31
5.2	Opsamling: Termisk indeklima .....	39
5.3	Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	41
5.4	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet .....	50
5.5	Atmosfærisk indeklima - fugt .....	52
5.6	Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt .....	62
5.7	Dagslysforhold .....	65
5.8	Akustisk indeklima .....	66
6.	Energiforbrug .....	69
6.1	Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand .....	69
6.2	Energiforbrug til rumopvarmning .....	69
6.3	Energiforbrug til el .....	70
6.4	Overholdelse af passivhus-kriterierne .....	70
6.5	Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur .....	72
7.	Installationer .....	73
8.	Kildeliste .....	75
9.	Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering .....	77
9.1	Termisk indeklima .....	77
9.2	Atmosfærisk indeklima .....	77
9.3	Dagslys .....	78
9.4	Akustisk indeklima .....	79
10.	Bilag B – Termisk indeklima .....	83
10.1	Generel situation hele året .....	83
10.2	Sommersituation .....	86
10.3	Vintersituation .....	90
10.4	Forårssituation .....	92
10.5	Efterårssituation .....	95
11.	Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet) .....	99
11.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	99
11.2	Cirkeldiagrammer CR1752 .....	106
12.	Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt) .....	113
12.1	Cirkeldiagrammer DS/EN 15251 .....	113

12.2 Cirkeldiagrammer CR1752 .....	123
13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP.....	133
Bilag F: Styring af ventilation og radiator.....	135

## 1. Forudsætninger for analyser af energiforbrug og indeklima

Da Komforthusene ikke som forventet blev solgt da måleprogrammet startede, er der i flere af husene også målt i perioder, hvor husene har stået ubeboede. Da flere af vurderingerne i projektet kræver beboere, har det derfor været nødvendigt for nogle af analyserne, at konstruere et kunstigt år ud fra de måneder, hvor der er beboere i husene. I de tilfælde, hvor det "kunstige år" er brugt, er dette nævnt i analysen.

### 1.1 Beboerprofil for Stenagervænget 47

I den tid der er udført målinger i huset, har der boet to familier i de tidsrum som kan ses på Figur 1.1.

Måned	jan-09	feb-09	mar-09	apr-09	maj-09	juni-09	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09	jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	juni-10	jul-10	aug-10	sep-10	okt-10	nov-10	dec-10	jan-11	feb-11	mar-11	apr-11	maj-11	juni-11	jul-11	aug-11	sep-11
Beboet																																	

Figur 1.1: Beboerprofil for Stenagervænget 47 i tidsrummet, hvor måleprojektet har forløbet.

Den første familie bestod af to voksne og to børn (teenagere), som boede i huset i lidt over et år. Den anden familie bestod af to voksne og to børn, som flyttede ind juni 2011. Imellem disse to familier stod huset tomt i 5 måneder.



## 2. Krav til indeklima og energiforbrug

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklima ved brug af retningslinjerne opstillet i DS/EN 15251 (*Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*). I projektets oprindelige analyser fra 2008 blev der taget udgangspunkt i "DS/EN/CR 1752, *Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*", men da de fleste i dag bruger DS/EN 15251, følger analyserne i denne rapport hovedsageligt sidstnævnte standard, men der er indsamlet inspiration til vurderingerne fra flere forskellige kilder til, hvordan måleresultater kan vurderes, hvilket fremgår af de følgende afsnit. Det oprindelige udkast til vurdering af indeklima er vedlagt som bilag A.

Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori II som minimum være opfyldt. Denne kategori svarer til et normalt forventningsniveau og bør bruges i alle nye byggerier og renoveringer [DS/EN 15251, 2007]. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN 15251 er gennemgået i afsnit 2.1 og 2.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 2.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklima tager udgangspunkt i DS490, *Lydklassifikation af boliger* og gennemgås i afsnit 2.4.

Ved vurdering af energiforbruget i de enkelte bygninger vil dette både blive vurderet ift forskellige typer af forbrug og ift en opfyldelse af passivhus-kriterierne og passivhus-anbefalingerne. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6-2.8.

### 2.1 Termisk indeklima

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklima, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i Tabel 2.1 temperaturintervaller for både kategori I, II og III, som måledata vil blive holdt op imod.

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			I	II	III
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0

Tabel 2.1. Krav til temperatur for hhv. kategori I, II og III. [DS/EN 15251, 2007]

Da projektet startede i 2008, var der i bygningsreglementet ingen specifikke krav til det termiske indeklima, men der stod under stk. 6.2.1, stk. 1 at:

*"Bygninger skal opføres, så der under den tilsigtede brug af bygningerne i de rum, hvor personer opholder sig i længere tid, kan opretholdes sundhedsmæssigt tilfredsstillende temperaturer under hensyn til den menneskelige aktivitet i rummene."* [Br08]

I bygningsreglementet 2010 er der for lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 defineret krav om, at det termiske indeklima skal



dokumenteres i kritiske rum. Her må temperaturen maksimalt overstige 26 °C i 100 timer og 27 °C i 25 timer pr. år.

### **2.1.1 Kriterier for overholdelse af kategori**

I DS/EN 15251 er en metode, til vurdering af hvornår en komfortklasse er overholdt, præsenteret. I *Annex G – Anbefalede kriterier for acceptable afvigelser*, er det anbefalet at benytte 3 eller 5 % som maksimal afvigelse, hvilket på månedsbasis vil svare til 22 og 36 timer og på årsbasis til 259 og 432 timer. Det vælges i projektet at benytte dette kriterium som vurderingsparameter for om kategori II er overholdt. [DS/EN 15251, 2007].

På månedsbasis vurderes desuden ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "*Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)*" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energineutralt byggeri.

### **Vurdering af Passivhus-anbefaling for overtemperatur**

Passivhusinstituttet anbefaler, at der maks. 10% af tiden forekommer temperaturer over 25°C. Denne anbefaling vil blive kontrolleret for hver måned samt på årsbasis.

### **Vurdering af overtemperatur ift danske BR-10 krav til lavenergibyggeri**

I forbindelse med overtemperatur evalueres der i forhold til de maksimalt 100 timer over 26 °C og 25 timer over 27 °C i kritiske rum. Denne undersøgelse passer med de termisk opstillede krav efter kategori II, hvor komforttemperaturen går fra 23 til 26 °C med sommerbeklædning.

### **Vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning**

For at vurdere, om der er problemer med utilstrækkelig opvarmning, er der til dette projekt opstillet følgende krav med inspiration fra overtemperaturkravene fra BR10 til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020. De 100 og 25 timer benyttes ligeså, men ved temperaturer under henholdsvis 20 °C og 19 °C. Disse krav passer i forhold til vinterbeklædning i kategori II.

## **2.2 Atmosfærisk indeklima**

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklima er, at antallet af utilfredse reduceres, når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance. I bygningsreglementet er der ikke stillet nogle direkte krav til atmosfærisk komfort, men der stilles dog krav til en minimums ventilationsmængde i boliger [BR10, 2011].

Kriterier for både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed vurderes i projektet i forhold til kategori II fra DS/EN 15251. Desuden vurderes om setpunktsværdierne har været overskredet i mere end ét sammenhængende døgn. Har dette været tilfældet opfyldes kravene for atmosfærisk komfort ikke. Undersøgelsen af

om forskellige niveauer har været overskredet bliver lavet på månedsbasis, hvorimod kravet til kategori II både undersøges på måneds- og årsbasis.

### 2.2.1 CO<sub>2</sub>

Der findes i dag ikke danske anbefalinger for CO<sub>2</sub> niveau i boliger, og resultaterne fra dette projekt vil derfor udelukkende blive evalueret i forhold til et givent niveau over ude-koncentrationen for DS/EN 15251, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af CO<sub>2</sub> iht DS/EN 15251

Der er i DS/EN 15251 beskrevet fire klasser, hvor klasse II er sat til 500 ppm over udekonzentrationen. [DS/EN 15251, 2007]. Dette vurderingskriterium medtages i undersøgelsen. Alle fire klasser kan ses i tabellen herunder.

Kategori	CO <sub>2</sub> værdi over udekonzentration
I	350
II	500
III	800
IV	>800

Tabel 2.2: Anbefalede CO<sub>2</sub> værdier fra DS/EN 15251.

#### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i boligen vurderes desuden antallet af perioder, hvor CO<sub>2</sub>-niveauet i 8 sammenhængende timer overskrider kategori II. De 8 timer er valgt, da det indenfor en relativt kort periode bør være muligt at opnå et lavt niveau igen efter længere tids belastning (fx om morgenen når soveværelset forlades).

### 2.2.2 Relativ luftfugtighed (RF)

På samme måde som for evaluering af CO<sub>2</sub>-niveauet benyttes DS/EN 15251 til vurdering af den relative luftfugtighed, hvor kategori II skal overholdes.

#### Vurdering af relativ luftfugtighed iht DS/EN 15251

I DS/EN 15251 optræder også fire kategorier for fugt. Overholdelse af disse kategorier medtages i undersøgelsen. Kategorier er vist i tabellen herunder.

Kategori	Relativ luftfugtighedsværdier
I	30-50 %
II	25-60 %
III	20-70 %
IV	<20 og >70 %

Tabel 2.3: Anbefalede relativ luftfugtighedsværdier fra DS/EN 15251.

#### Kontrol af RF<45%

RF<45% vurderes, da det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%. Ved denne undersøgelse søges efter, om der i boligen har været en sammenhængende måned hvor RF<45%. Tilladelig afvigelse er 10 timer i løbet af perioden.

### Kontrol af RF>75%

RF>75% vurderes, da der her er risiko for problemer i konstruktionerne. Der tillades RF>75% i højst 1% af tiden. [SBI224]

### Overskridelse af grænseværdier

Ved vurdering af RF vurderes desuden antallet af perioder, hvor RF i 24 sammenhængende timer overskrider kategori II.

### 2.2.3 Ventilation

I analysen af atmosfærisk komfort vil ventilationsmængden blive sammenholdt med både CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed, for at bestemme om der i boligen er en sammenhæng imellem de forskellige trin ventilationsanlægget kører på og eventuelle afvigelser på vurderingskriterierne for CO<sub>2</sub> og relativ luftfugtighed. Ved at analysere grafer med disse værdier vurderes det om ventilationsmængden er tilstrækkelig samt hvorvidt det er muligt at nedjustere luftskiftet fra 0,5 h<sup>-1</sup>, som er gældende i dag (=0,35 l/s pr m<sup>2</sup> opvarmet etageareal).

### 2.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsareal med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en **dagslysfaktor på 2%** også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås **hele vejen ind gennem rummet** og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

Metode til bestemmelse af dagslysfaktor er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*

## 2.4 Akustisk indeklimate

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklimate* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

Fremgangsmåden for målingerne af støj og efterklangstider er beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

**2.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 2.4.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

Tabel 2.4. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]

**2.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 2.5. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

Rumtype	Klasse A <i>T</i> i s	Klasse B <i>T</i> i s	Klasse C <i>T</i> i s	Klasse D <i>T</i> i s
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

Tabel 2.5. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]

## 2.5 Vurderingskriterier oversigt

Nedenstående tabel giver et samlet overblik over de parametre der vurderes i forbindelse med indeklimaet i Komforthusene.

		Maks. afvigelse	
	Kriterium	Måned	År
Termisk			
Generel vurdering	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
Overtemperatur	25 °C	10 %	10 %
	26 °C	100 h	100 h
	27 °C	25 h	25 h
Undertemperatur	20 °C	100 h	100 h
	19 °C	25 h	25 h
Atmosfærisk			
CO <sub>2</sub>	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	8 h i træk	-
Relativ fugtighed	Klasse II	12 og 25 %	3 og 5 %
	Klasse II	24 h i træk	-
	70%<φ<30%	24 h i træk	-
	φ<45%	1 måned i træk på nær 10 timer	-
	φ>75%	1 %	-
Dagslysfaktor	2 % ved bagmur	-	-
Akustik			-
Efterklang	Kat B	-	-
Tekniske installationer	Kat B	-	-

Tabel 2.6: Oversigt over vurderingskriterier for indeklima.

## 2.6 Energiforbrug

Til vurdering af husets energiforbrug genereres en rapport med data for energi brugt til rumopvarmning, opvarmning af varmt brugsvand samt det totale el-forbrug således, at fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår.

Da måleudstyret i huset også bruger el, vil dette blive fratrullet det totale el-forbrug. En oversigt over målte forbrug ses i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

I Stenagervænget 47 skal følgende el-forbrug fratrækkes: 16,7W

## 2.7 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om husene overholder passivhus-kriterierne vil de nødvendige data for energiforbrug til rumopvarmning og det primære energiforbrug, dvs det totale el-forbrug, blive medtaget i separat datarapport på måneds- og årsbasis. Her skal det kontrolleres, om målingerne i husene viser en overensstemmelse med de beregnede værdier fundet i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7.

Varmebehov	15 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Primært Energibehov	120 kWh/m <sup>2</sup> pr år
Lufttæthed	0,6 h <sup>-1</sup> v. ΔP = 50 Pa

Tabel 2.7. Passivhus-kriterierne. [PHPP2007]

Kontrol af om lufttætheden er opnået, foretages via rapporten udleveret efter blowerdoor-test af husene.

## 2.8 Overholdelse af passivhus-anbefalingerne

Udover kontrol af passivhus-kriterierne, som skal overholdes for at kunne blive certificeret som passivhus, undersøges det, om passivhus-anbefalingerne er overholdt i projektet. Også her oprettes der en rapport med de målte data, som sammenholdes med de opstillede anbefalinger. Anbefalingerne kan ses i Tabel 2.8.

Varmelast	maks 10 W/m <sup>2</sup>
Overtemperatur	maks 10 % (t<25°C)
Vinduers U-værdi	maks 0,80 W/m <sup>2</sup> K

Tabel 2.8. Passivhus-anbefalingerne. [PHPP2007]

Antallet af timer med overtemperatur tælles månedsvis, og vil blive udregnet både på månedsbasis og på årsbasis. Ifølge PHPP skal overtemperatur-timer tælles, når temperaturen er over 25°C. Endeligt vil vinduernes U-værdier blive kontrolleret i PHPP-beregningen for hvert enkelt hus.



### 3. Beskrivelse af huset

I dette kapitel findes opbygning af huset på Stenagervænget 47 samt en beskrivelse af, hvor i huset der måles. På Figur 3.1 er et billede af huset fra sydvest vist, hvor de store vinduespartier i køkken/alrum er synlige. På Figur 3.2 er huset vist fra vest.



Figur 3.1: Stenagervænget 47 fra syd.



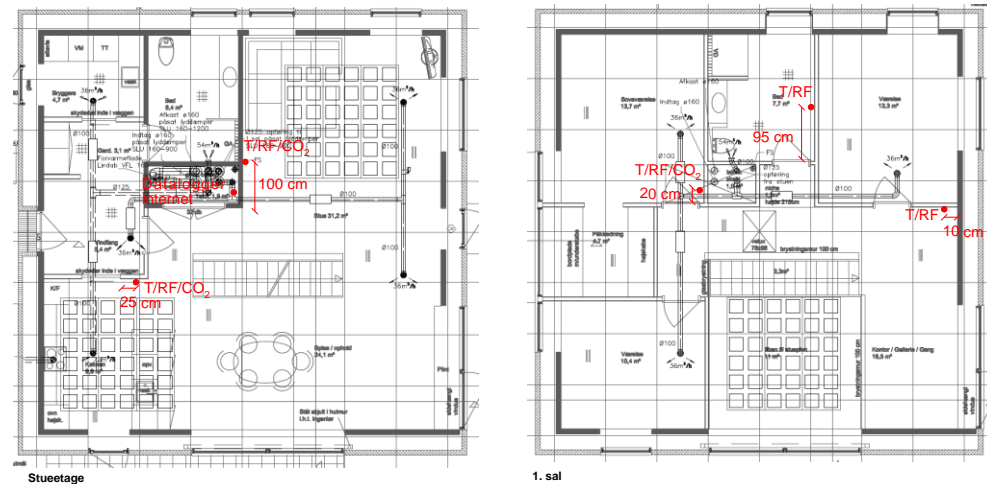
Figur 3.2: Stenagervænget 47 fra vest.

De store vinduespartier mod syd er placeret i husets køkken/alrum. Der er ikke opsat solafskærmning på vinduerne.

Nedenstående tegninger viser husets indretning, ventilationssystem samt placering af teknikrum. Elskab med hovedmåler og egne bi-målere (jf

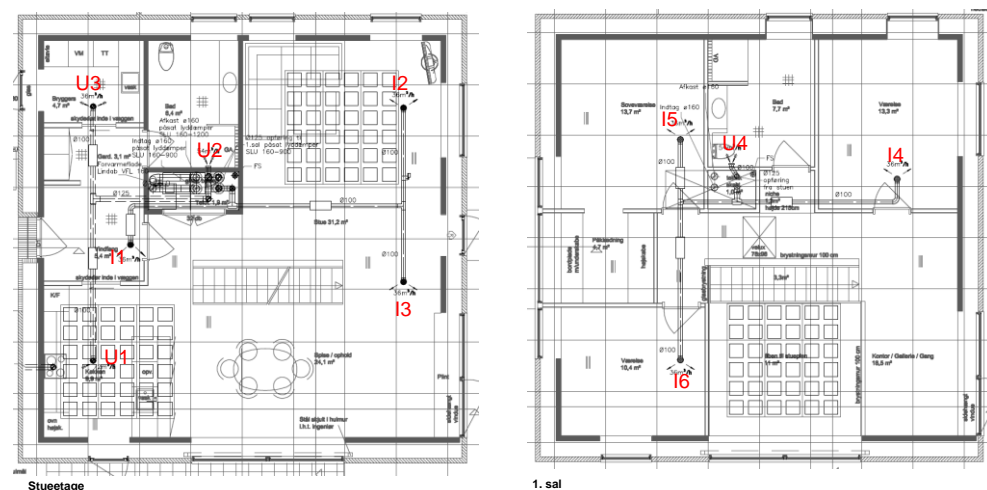


projekttegninger) er placeret i bryggers. Tomrør trukket herfra til teknikrum. Internetstik forefindes i teknikrum, hvor også bimålere samt aggregat placeres. Placering af el til CO<sub>2</sub>-målere er angivet på tegningerne. Disse placeres i h=1,6 m o.g. Placering af målere til indeklimate-målinger ses på Figur 3.3. . Internetstik er placeret i bryggers.



Figur 3.3: Grundplan for Stenagervænget 47. Placering af indeklimate-følere.

Placering af ventilationskanaler er angivet på Figur 3.4. Desuden ses på denne figur også nummereringen af indblæsnings- og udsugningsåbninger brugt i forbindelse med registrering af luftskifte i huset. Indblæsning/udsugning i loft. Indtag/afkast er placeret over tag. Udsugning i begge badeværelser, bryggers samt køkken. Desuden benyttes tagvindue ved trappe til naturlig ventilation. Dette vindue kan fjernbetjenes af brugeren. Til rumopvarmning benyttes radiator i stue (nedenfor trappen). Beskrivelse af styring for ventilation og radiator forefindes i Bilag F: Styring af ventilation og radiator.

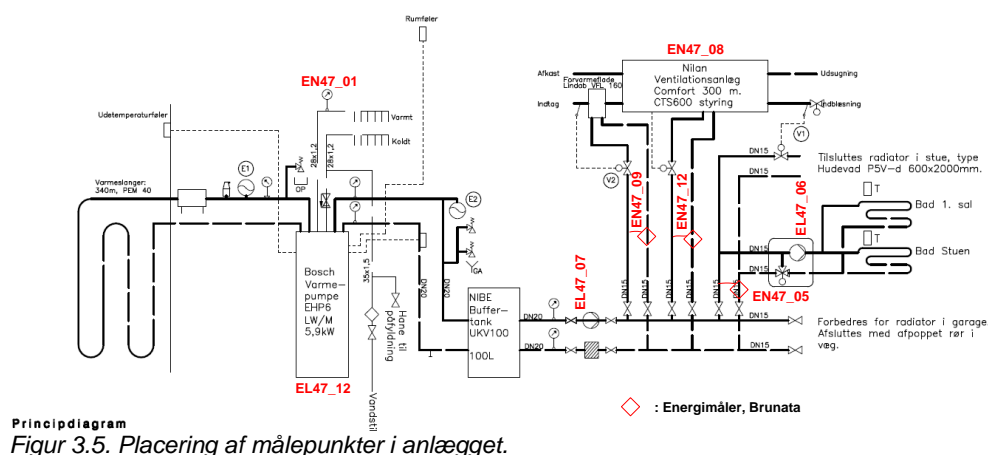


Figur 3.4. Placering af ventilationskanaler samt nummerering af henholdsvis indblæsning og udsugning.

Udover disse beskrevne målinger, måles der på elforbruget for hårde hvidevarer, belysning og andet forbrug samt en totalmåling af elforbruget. Endvidere måles energien brugt til varmt brugsvand. Detaljeret beskrivelse af målinger forefindes i kapitel 4.

### 3.1 Husets varmeforsyning

I huset er der installeret et Nilan comfort 300 ventilationsanlæg kombineret med en bosch varmepumpe, som illustreret i Figur 3.5. Dog er der indsat speciel eftervarmefflade i anlæg produceret af tt coil (jf.Bilag F: Styring af ventilation og radiator). Nummerering af målepunkter jfr. beskrivelse på efterfølgende sider.



### 3.2 Be06 / PHPP nøgletal

I dette afsnit vil resultaterne fra både Be06 og PHPP energirammeberegninger blive præsenteret. Da huset er opført efter passivhus standarden (PHPP), skal denne beregning af energiramme overholdes for at huset kan certificeres. Endvidere skulle det danske bygningsreglement overholdes for at huset kunne opføres.

Først er resultatet af Be06 beregningen og nøgletal derfra vist herunder på Figur 3.6 og en varmebalance fra beregningen på Figur 3.7.

Nøgletal, kWh/m<sup>2</sup> år

Energiramme		
BR: 79,7	Klasse 2: 57,1	Klasse 1: 39,9

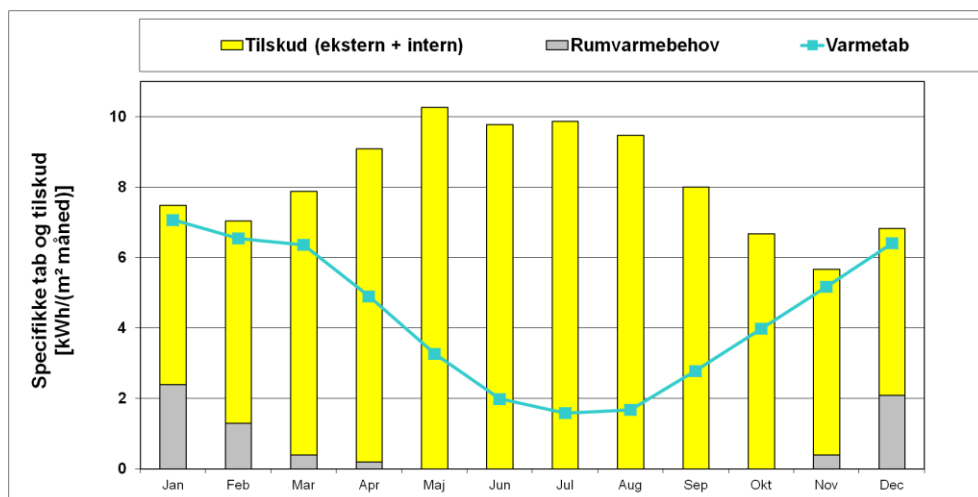
Samlet Energibehov 29,2

Bidrag til energibehovet		Netto behov	
Varmer	0,0	Rumopvarmning	6,8
El til bygningsdrift	11,7 * 2,5	Varmt brugsvand	15,8
Overtemp. i rum	0,0	Køling	0,0

Udvalgte elbehov		Varmetab fra installationer	
Belysning	0,0	Rumopvarmning	0,0
Opvarmning af rum	0,0	Varmt brugsvand	2,7
Opvarmning af vbv	0,9	Ydelser fra særlige kilder	
Varmepumpe	6,8		
Ventilatorer	3,3		
Pumper	0,6		
Køling	0,0		
Totalt elforbrug	42,3	Solvarme	0,0
		Varmepumpe	21,7
		Solceller	0,0

Figur 3.6: Be06 nøgletal.

Som det fremgår af figuren, overholder huset lavenergiklasse 1 med en stor margen. Det er synligt at huset får alt energi fra el til bygningsdrift, hvilket i dette tilfælde vil sige varmepumpe og ventilationsanlæg. Endvidere bemærkes det, at opvarmningsbehovet for huset er markant mindre end den mængde energi der skal bruges til varmt brugsvand. Det lave opvarmningsbehov er også illustreret på Figur 3.7, hvor varmebalancen er vist.



Figur 3.7: Varmebalance fra Be06 beregning.

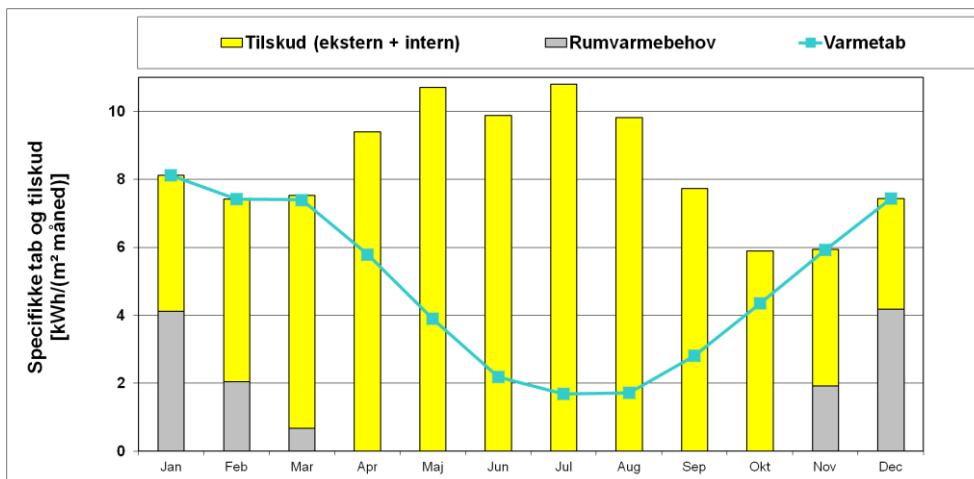
Tilskuddet til huset overstiger i de fleste måneder varmetabet, hvilket indikerer, at opvarmningssæsonen her er januar, februar, marts, april, november og december.

Herunder er nøgletal for PHPP-beregningen vist på Figur 3.8 og en varmebalance fra programmet er vist på Figur 3.9.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area				
Treated Floor Area:		154,8	m <sup>2</sup>	
Applied:	Monthly Method			
Specific Space Heat Demand:	13	kWh/(m <sup>2</sup> a)	PH Certificate: 15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Fulfilled? Yes
Pressurization Test Result:	0,5	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	92	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	45	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	0	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Heating Load:	12	W/m <sup>2</sup>		
Frequency of Overheating:	3	%	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Cooling Load:	21	W/m <sup>2</sup>		

Figur 3.8: PHPP nøgletal.

Kravene for passivhus-standarden er overholdt. Energi til opvarmning er holdt under 15 kWh/m<sup>2</sup> år og den primære energi under 120 kWh/m<sup>2</sup>. Utætheden på bygningen er under 0,6 h<sup>-1</sup> og overtemperaturstimer over 25°C er under kravet på maks. 10 % af tiden.



Figur 3.9: Varmebalance fra PHPP beregning.

Varmebalancen fra PHPP-beregningen viser de samme tendenser som Be06 beregningen med varmetab og tilskud til bygningen. PHPP viser dog et mindre varmetab og tilskud, mens et større rumvarmebehov er tilfældet. Dette skyldes bl.a. forskellen i angivelse af intern belastning i de to programmer.

### 3.3 Problemer i huset

Der har i huset været problemer med overtemperaturer i sommerperioden. Der var i beregningerne forudsat et væsentligt forøget luftskifte via naturlig ventilation men i praksis har det ikke været muligt at tilvejebringe dette luftskifte.

#### Vedrørende manglende varme

En vandbåret forvarmeplade blev frostsprængt pga en montagefejl. Den blev erstattet af en el-varmeplade. Ved dette besøg og ved efterfølgende servicebesøg har serviceteknikeren, på grund af manglende kendskab til anlæggets design, foretaget nogle uhensigtsmæssige ændringer i anlægget, både hvad angår automatikken og selve anlæggets opbygning. Derfor har anlægget ikke kørt optimalt. Først i november 2011 er anlægget ført tilbage til det oprindeligt designede. Anlægget har dermed ikke kørt optimalt i perioden for måleprogrammet.



## 4. Beskrivelse af målinger

Ved udarbejdelsen af måleprogrammet er der skelnet mellem løbende målinger, som er de målinger der foretages i hele måleperioden, og spotmålinger, som er målinger af dagslys, akustik og ventilationsmængder, der foretages under enkelte besøg i huset.

### 4.1 Løbende målinger

De løbende målinger er målinger af energiforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, el-forbrug samt indeklima-målinger. Måleusikkerheder for udstyret gennemgås i projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*. Dette afsnit gennemgår i detaljer hvilke parametre der måles for Stenagervænget 47.

#### 4.1.1 Måling af indeklima

Registrering af indeklima foregår med trådløse følere. Dog skal CO<sub>2</sub>-målere forsynes med strøm. Placering af disse er angivet på plantegning. Følgende registreres løbende i den tre-årige måleperiode:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVARLIG
Termisk og atmosfærisk indeklima:				
Det termiske indeklima omfatter temperaturfordelingen i huset. Det atmosfæriske indeklima omfatter luftkvaliteten i huset	<b>IT47_01:</b> Temperaturmåling <b>IF47_01:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC47_01:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9304	Køkken	AAU
	<b>IT47_03:</b> Temperaturmåling <b>IF47_03:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC47_03:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9306	Stue	AAU
	<b>IT47_04:</b> Temperaturmåling <b>IF47_04:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC47_04:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9050	Baderum	AAU
	<b>IT47_05:</b> Temperaturmåling <b>IF47_05:</b> Måling af relativ fugtighed <b>IC47_05:</b> CO <sub>2</sub> -måling	Eltek GD-47EE, 0-5000ppm RH/T/Co2, Transmitter T-9305	Soveværelse	AAU
	<b>IT47_06:</b> Temperaturmåling <b>IF47_06:</b> Måling af relativ fugtighed.	Eltek RH/T sensor GC-10 Transmitter T-9051	Kontor/gang 1.sal	AAU

#### 4.1.2 Målinger af energiforbrug

I forbindelse med registrering af energiforbruget i huset samt vurdering af COP og vekslereffektivitet skal følgende målinger foretages i kompaktaggregatet:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
Varmepumpe				
Varmepumpen opvarmer brugsvand og vand til varmeklader samt gulvvarme og radiatorer. Max temp på fremløb fra VP er 65°C	<b>EL47_12:</b> Elforbrug til kompressor til jordkreds samt pumpe på jordkreds	Bi-måler	Elskab	TRE-FOR
Rumopvarmning/ ventilation				
Rummene opvarmes af gulvvarme (i baderum), radiator i stue samt ventilationsluft. Anlægget kører med basisluftskifte = 0,5h <sup>-1</sup>	<b>EN47_05:</b> Energi leveret til gulvvarme samt radiator, dvs. flow i varmekreds ( <b>EN47_05Qv</b> ) samt temperatur-forskel over frem- og returløb ( <b>EN47_05T</b> )	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h (der leveres ca 120 W pr baderum) Tilslutningsdiameter DN15	På kreds til radiator samt gulvvarme	TRE-FOR
	<b>EN47_12:</b> Leveret varme fra eftervarmeblade i ventilationsanlæg.	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h (flow = 0,02l/s, DT=65-42) Tilslutningsdiameter DN15 Målerlængde??	På kreds til eftervarmeblade	TRE-FOR
	<b>EN47_09:</b> Leveret varme fra forvarmeblade i ventilationsanlæg.	Brunata HGQ1 Vurderet maks. flow < 1200 l/h Tilslutningsdiameter DN15	På kreds til forvarmeblade	TRE-FOR
	Der måles følgende temperaturer i aggregat: <b>AT47_01:</b> Indblæsning inden veksler <b>AT47_02:</b> Indblæsning efter veksler <b>AT47_03:</b> Indblæsning efter varmeblade <b>AT47_04:</b> Udsugning inden veksler <b>AT47_05:</b> Udsugning efter veksler	Termoelementer/føle re	Se tegning med aggregat	AAU
		Fugtfølere tilsluttet Eltek transmitter T-9505	Se tegning med aggregat	AAU

	<p>Der måles følgende fugtindhold i aggregat:</p> <p><b>AF47_01:</b> Indblæsning inden veksler</p> <p><b>AF47_02:</b> Indblæsning efter veksler</p> <p><b>AF47_04:</b> Udsugning inden veksler</p> <p><b>AF47_05:</b> Udsugning efter veksler</p> <p><b>EL47_08:</b> El-forbrug ventilatorer</p> <p><b>B_AL47_01:</b> Luftmængde</p> <p><b>EL47_06:</b> El-forbrug til cirkulationspump e på gulvvarme</p> <p><b>EL47_07:</b> El-forbrug til pumpe på varmekreds</p>	<p>Bi-måler</p> <p>Beregnes via registrering af ventilator-trin (<b>AL47_02</b>)</p> <p>Bi-måler</p> <p>Bi-måler</p>	<p>Elskab</p> <p>I aggregat</p> <p>Elskab</p> <p>Elskab</p>	<p>TRE-FOR</p> <p>TRE-FOR</p> <p>TRE-FOR</p> <p>TRE-FOR</p>
Varmt brugsvand				
Varmt brugsvand tappes fra varmtvandsbeholderen. Energiforbrug måles efter beholderen således, at varmetabet fra beholderen indgår i den endelige COP-værdi.	<p><b>EN47_01:</b> Leveret varme fra varmespiral i beholder. Dette registreres via aftappet vand fra beholder (<b>EN47_01Qv</b>). Der måles leveret vandmængde og temperaturdifferens på koldt vand (<b>EN47_01Tk</b>) leveret til beholderen og varmt vand (<b>EN47_01Tv</b>) tappet fra beholderen</p>	<p>Brunata HGQ1</p> <p>Vurderet maks. flow = 0,3 l/s = 1080 l/h</p> <p><math>\Delta T = 55^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 45^{\circ}\text{C}</math></p>	<p>På varmt brugsvand, aftapning</p>	<p>TRE-FOR</p>



Desuden skal følgende energimålinger foretages:

EMNE	UDFØRTE MÅLINGER	NØDVENDIGT UDSTYR	PLACERING	ANSVAR-LIG
El-forbrug				
For at kunne vurdere husets samlede forbrug af primær energi er det nødvendigt også at registrere el-forbruget i husholdningen.	<b>EL47_02:</b> El-forbrug hårdehvidevarer  <b>EL47_01:</b> Totalt el-forbrug  <b>B_EL47_03:</b> El-forbrug belysning/andet	Bi-måler  Hovedmåler  <b>B_EL47_03</b> = EL47_01 - (EL47_02 + sum(EL47_04:EL47_15)) - skønnet forbrug for måleudstyr	Elskab  Elskab	TRE-FOR  Bygherre

#### 4.1.3 Beregning af nøgletal

Ud fra de opsamlede data vil der blive foretaget en vurdering af COP for anlægget samlet set/varmepumper alt efter mulighederne i huset (afhænger af placering af målepunkter), ventilationsanlægget SEL-værdi samt vekslerens effektivitet.

### 4.2 Spotmålinger (registreres under enkeltdags besøg i huset)

Spotmålingerne foretages under en række besøg i huset i løbet af måleperioden, hvor bl.a. dagslys samt støj og akustik registreres.

#### 4.2.1 Bestemmelse af dagslysfaktorer

Dagslysmålinger foretages iht vejledningen givet i *SBi-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*. Målingerne vil blive foretaget i centrale rum i et vandret plan fra vinduet og ind i rummet i en højde på 0,85 m over gulvet. Der foretages samtidige målinger af belysningsstyrken indendørs og udendørs for at kunne beregne dagslysfaktoren så nøjagtigt som muligt.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i rapporten *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

#### 4.2.2 Måling af efterklangstider og støj fra tekniske installationer

Målinger af efterklangstider samt støj fra ventilationsanlæg foretages i husets stue eller køkken/alrum. Disse udføres iht vejledningen givet i *DS 490, Lydklassifikation af boliger* samt ud fra måle-anvisningerne givet i *Støjfri ventilationsanlæg* af Carl Erik Hyldgård.

Beskrivelse af fremgangsmåde ved målinger er desuden beskrevet i *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklimate og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.

#### 4.2.3 Måling af luftmængder

Måling af luftmængder i husene er målt ved anlæggets forskellig trin, i de tilfælde ventilatoren kører med forskellige trin. Resultatet af disse målinger kobles sammen med målinger af strømforbrug fra ventilatoren (foretages som løbende måling) for at fastlægge husets aktuelle luftskifte.

### 4.3 Yderligere målinger/beregninger

Der foretages kontrol af alle følere, instrumenter og tilslutninger.

Husenes tæthed skal måles, evt. når tæthedsmembranen er færdiggjort og når huset er indflytningsklart. Dette foretages af konsortiet via en blowerdoor-test. Resultatet herfra oplyses til Aalborg Universitet til brug ved vurdering af husets samlede energiforbrug og indeklima.

Udeklima registreres løbende via lokal vejrstation samt DMI-data fra Billund. Her registreres udetemperatur, vindhastighed og –retning samt solindfald.



## 5. Resultater for indeklima-analyser

I huset vil der være flest opholdstimer i køkken/alrum, hvorfor der vil blive lagt mest fokus på dette målepunkt i analysen.

### 5.1 Termisk indeklima

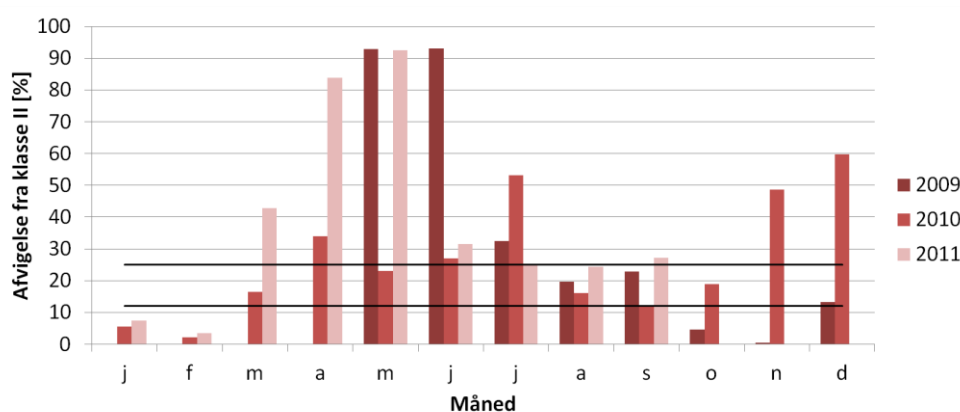
I afsnit 2.1 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det termiske indeklima. Med et aktivitetsniveau på 1,2 met, er kategori I, II og III defineret og det er som standard defineret i projektet at kategori II skal overholdes. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for termisk indeklima findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.2.

#### 5.1.1 DS/EN 15251– overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.1 til Tabel 5.5. Ved valg af beklædning er der sommer brugt sommerbeklædning (0,5 clo) og vinter brugt vinterbeklædning (1,0 clo) til at vurdere den termiske komfort. Forår og efterår er der regnet med variabel beklædning således, at der i disse perioder vælges komfortinterval ud fra det interval der giver mindst timer underfor kategori 2. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.6. Denne opgørelse er også foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag B – Termisk indeklima"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	93	93	33	20	23	5	0	13
2010	6	2	16	34	23	27	53	16	12	19	49	60
2011	7	4	43	84	92	32	25	24	27	-	-	-

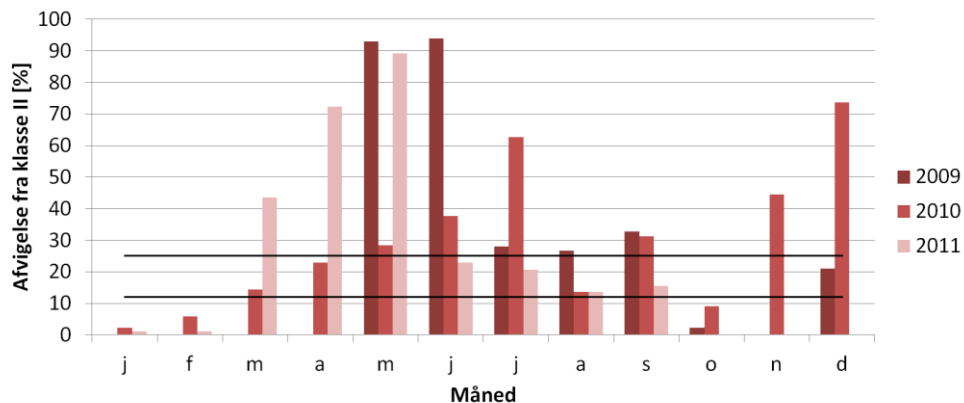
Tabel 5.1: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum, stueplan.



Figur 5.1: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum, stueplan.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	93	94	28	27	33	2	0	21
2010	2	6	14	23	28	38	63	14	31	9	45	74
2011	1	1	44	72	89	23	21	14	16	-	-	-

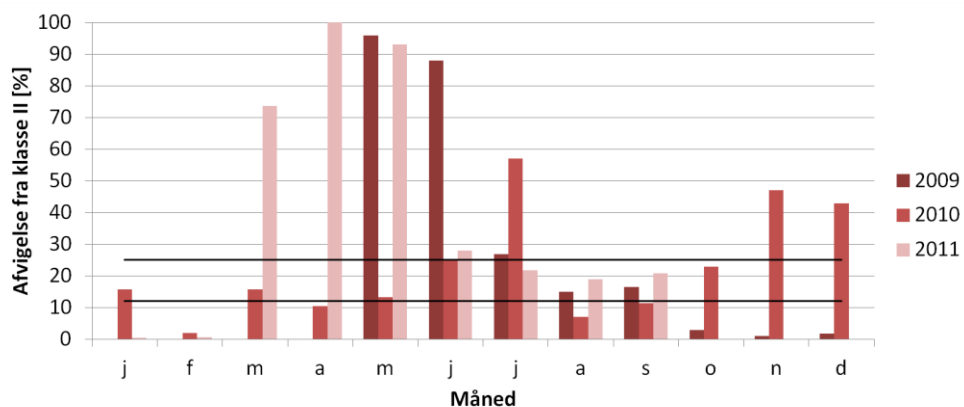
Tabel 5.2: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.2: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue, stueplan.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	96	88	27	15	17	3	1	2
2010	16	2	16	10	13	25	57	7	11	23	47	43
2011	0	1	74	100	93	28	22	19	21	-	-	-

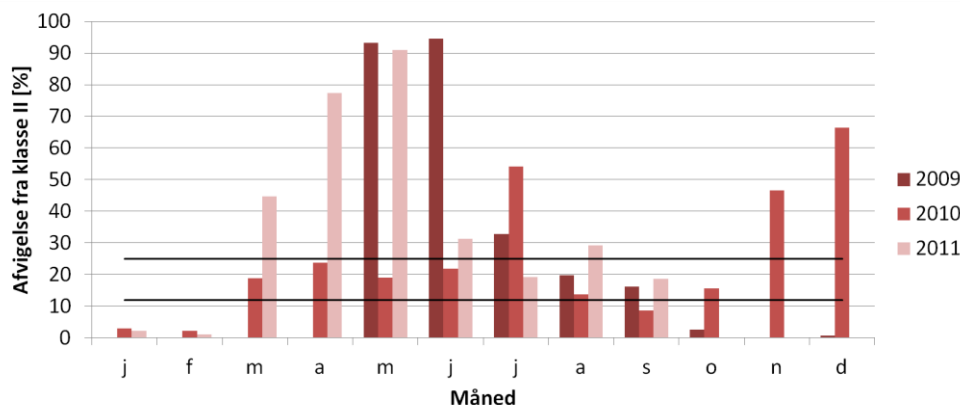
Tabel 5.3: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.



Figur 5.3: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	93	94	33	20	16	3	0	1
2010	3	2	19	24	19	22	54	14	9	16	47	66
2011	2	1	45	77	91	31	19	29	19	-	-	-

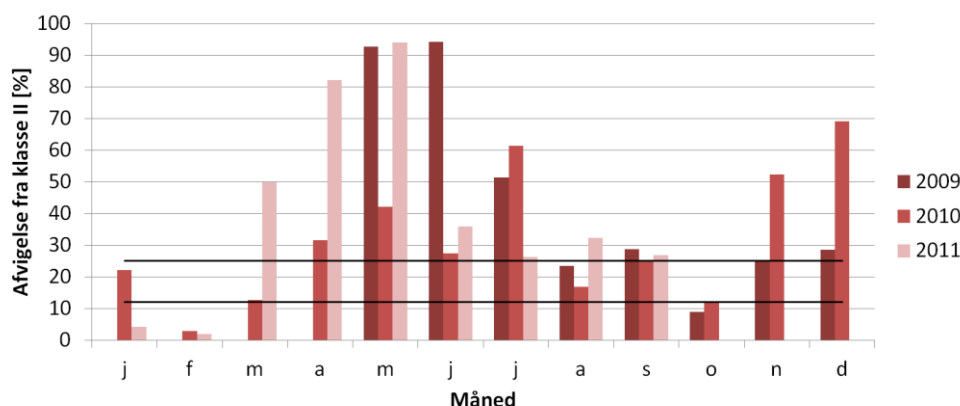
Tabel 5.4: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse, 1. sal.



Figur 5.4: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse, 1. sal.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	93	94	51	23	29	9	25	28
2010	22	3	13	32	42	28	61	17	25	12	52	69
2011	4	2	50	82	94	36	26	32	27	-	-	-

Tabel 5.5: Afvigelser i procent fra kategori II for kontor/gang, 1. sal.



Figur 5.5: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for kontor/gang, 1. sal.

Af ovenstående figurer fremgår det, at de største afvigelser fra kategori II forekommer i sommerhalvåret. Dette kan tyde på, at der er problemer med overophedning i huset. Dette undersøges yderligere i afsnit 5.2.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	23	17	26
Stue	25	19	19
Baderum	21	14	28
Soveværelse	22	16	19
Kontor/gang	30	22	27

Tabel 5.6: Samlet årsoversigt over afvigelser i procent fra kategori II for alle rum. Vurdering er foretaget for temperaturer mellem 20°C og 26°C

Ved vurdering af overskridelserne fra kat. II på årsbasis fremkommer der også meget høje værdier, som alle ligger langt fra de anbefalede 3% og 5%.

### 5.1.2 PHPP, lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Sammenligning med passivhusanbefalingen, krav til lavenergiklasse 2015/bygningsklasse 2020 samt vurdering af problemer med utilstrækkelig opvarmning foretages i Tabel 5.7 til Tabel 5.11 på månedsniveau. Tabel 5.12 indeholder en oversigt på årsniveau. Bemærk af temperaturer > 25°C angives i %. De øvrige vurderinger angives i h.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	1
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	3	0	96
	>25 [%]	-	-	-	-	99	96	58	33	6	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	691	662	228	112	12	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	636	642	96	56	4	0	0	0
2010	<19 [h]	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	295	276
	<20 [h]	26	0	0	0	2	0	0	0	0	1	323	444
	>25 [%]	0	1	4	15	26	32	67	30	26	4	1	0
	>26 [h]	0	0	13	29	65	99	374	53	57	12	0	0
	>27 [h]	0	0	6	5	15	35	243	3	8	1	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	1	1	44	94	99	62	61	69	70	-	-	-
	>26 [h]	0	0	199	604	687	194	183	181	196	-	-	-
	>27 [h]	0	0	86	505	660	43	67	57	28	-	-	-

Tabel 5.7: Over- og undertemperaturstimer for køkken/alrum.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	3	1	0	1
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	3	1	0	156
	>25 [%]	-	-	-	-	100	97	49	31	8	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	691	676	197	129	18	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	644	643	99	38	1	0	0	0
2010	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	292	426
	<20 [h]	5	0	0	46	0	0	0	0	0	9	319	548
	>25 [%]	0	0	3	2	17	49	70	32	15	2	0	0
	>26 [h]	0	0	5	2	37	174	436	48	29	1	0	0
	>27 [h]	0	0	0	0	8	69	288	5	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	5	0	0	46	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	3	2	17	49	70	32	15	-	-	-
	>26 [h]	0	0	5	2	37	174	436	48	29	-	-	-
	>27 [h]	0	0	0	0	8	69	288	5	0	-	-	-

Tabel 5.8: Over- og undertemperaturstimer for stue.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	4	0	6	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	8	0	12	0	0
	>25 [%]	-	-	-	-	100	89	60	28	6	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	713	628	179	68	6	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	632	618	80	19	0	0	0	0
2010	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	178	99
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	269	144
	>25 [%]	1	3	13	16	34	47	61	31	35	5	3	0
	>26 [h]	0	0	16	14	79	172	379	41	71	8	1	0
	>27 [h]	0	0	5	0	7	49	264	2	3	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	25	5	85	100	98	45	33	41	52	-	-	-
	>26 [h]	3	0	548	720	692	136	94	126	150	-	-	-
	>27 [h]	0	0	360	713	663	29	44	54	46	-	-	-

Tabel 5.9: Over- og undertemperaturstimer for baderum.

		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	0
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	1
	>25 [%]	-	-	-	-	100	97	65	52	10	0	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	693	671	242	145	11	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	631	633	107	60	0	0	0	0
2010	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	288	451
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	317	494
	>25 [%]	0	0	4	11	30	37	67	25	12	1	0	0
	>26 [h]	0	0	11	6	65	107	384	14	4	0	0	0
	>27 [h]	0	0	1	0	4	53	227	0	0	0	0	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	8	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	11	0	-	-	-
	>25 [%]	0	0	28	88	94	35	28	27	26	-	-	-
	>26 [h]	0	0	107	557	669	88	83	69	61	-	-	-
	>27 [h]	0	0	37	453	662	27	39	38	27	-	-	-

Tabel 5.10: Over- og undertemperaturstimer for soveværelse.



		J	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	<19 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	0	40
	<20 [h]	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1	180	208
	>25 [%]	-	-	-	-	99	98	80	47	11	2	0	0
	>26 [h]	-	-	-	-	690	679	382	159	25	0	0	0
	>27 [h]	-	-	-	-	653	654	230	77	7	0	0	0
2010	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	310	454
	<20 [h]	145	0	0	0	0	0	0	0	0	1	353	510
	>25 [%]	1	1	6	15	26	41	71	35	27	5	2	0
	>26 [h]	4	3	19	34	95	153	437	99	91	12	5	0
	>27 [h]	1	1	12	8	28	73	346	18	35	2	5	0
2011	<19 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	<20 [h]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	>25 [%]	2	0	40	91	97	59	51	61	60	-	-	-
	>26 [h]	8	0	186	592	700	215	195	241	194	-	-	-
	>27 [h]	5	0	108	516	664	88	88	78	89	-	-	-

Tabel 5.11: Over- og undertemperaturtimer for kontor/gang.

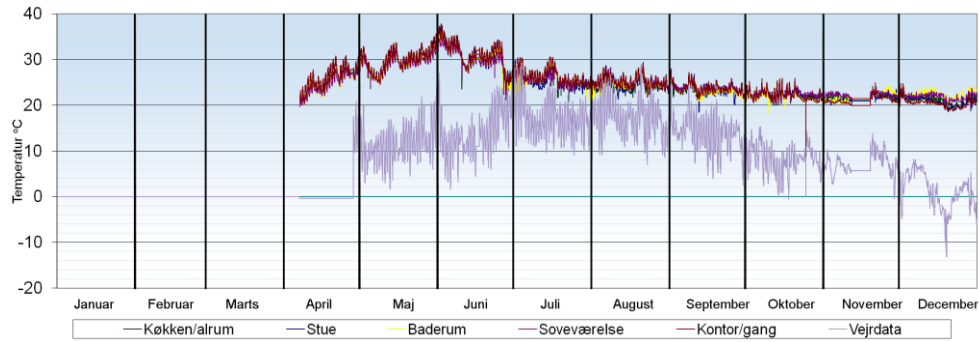
		<19 [h]	<20 [h]	>25 [%]	>26 [h]	>27 [h]
Køkken/ alrum	2009	1	98	28	1944	1590
	2010	573	795	17	702	316
	2011	0	0	42	2258	1449
Stue	2009	4	159	28	1988	1587
	2010	719	926	16	732	370
	2011	1	1	30	1651	1241
Baderum	2009	9	23	27	1807	1445
	2010	277	413	21	781	330
	2011	0	0	41	2496	1928
Sove- værelse	2009	0	4	30	1955	1512
	2010	739	811	16	591	285
	2011	8	11	28	1651	1292
Kontor/ gang	2009	40	388	33	2239	1850
	2010	764	1008	19	952	529
	2011	0	0	39	2364	1658

Tabel 5.12: Årsværdier for over- og undertemperaturtimer.

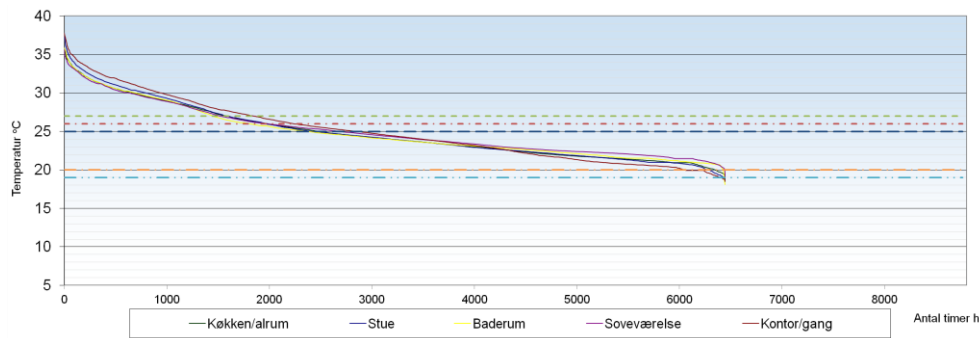
### 5.1.3 Temperaturmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser temperaturkurverne for målepunkterne placeret rundt i huset. Samtidig kan rumtemperaturens afhængighed af udetemperaturen vurderes.

2009

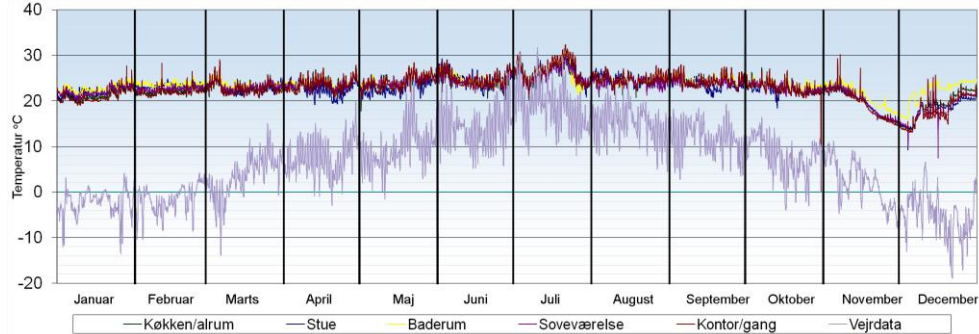


Figur 5.6 Temperaturer i de enkelte rum for 2009.

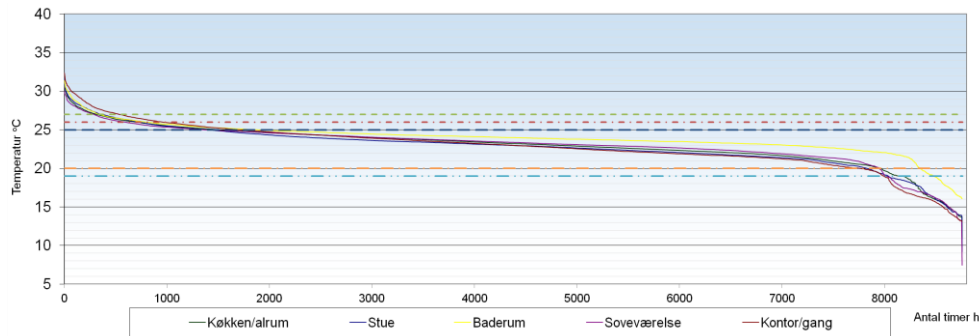


Figur 5.7 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2009.

2010

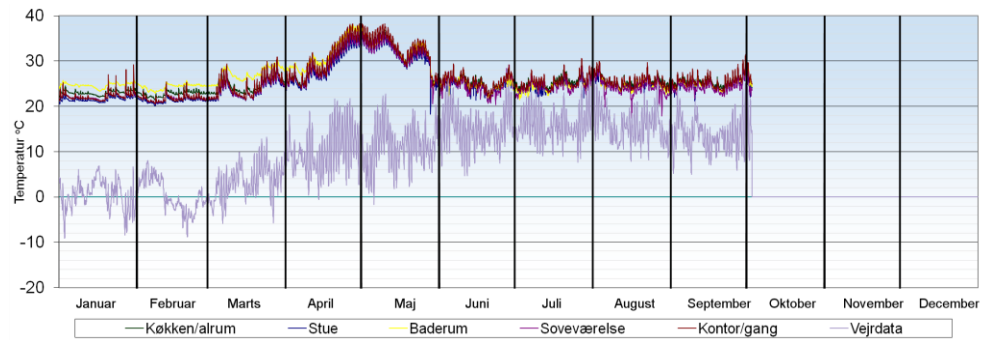


Figur 5.8 Temperaturer i de enkelte rum for 2010.

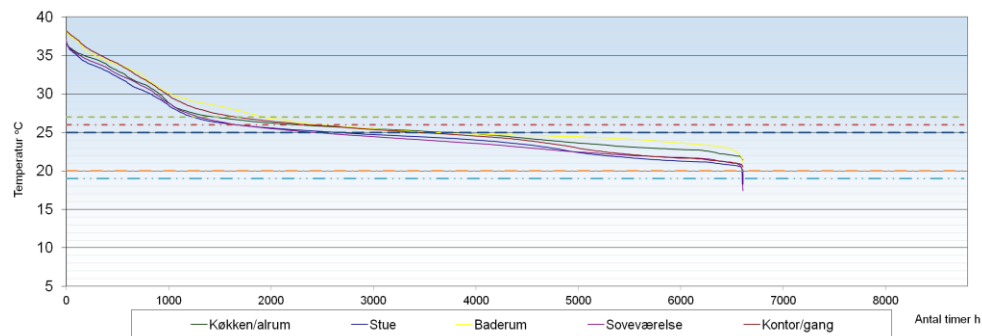


Figur 5.9 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.10 Temperaturer i de enkelte rum for 2011.



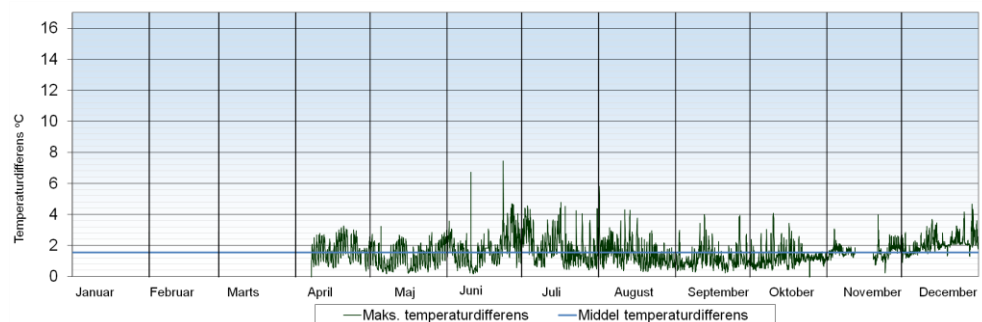
Figur 5.11 Akkumuleret temperatur for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af figurerne, der hen over sommeren måles meget høje temperaturer i huset, hvilket bekræfter at der er problemer med overophedning i sommerhalvåret. Desuden ses, at der i vinterperioden ikke er problemer med opvarmning i huset.

#### 5.1.4 Temperaturforskel imellem rum

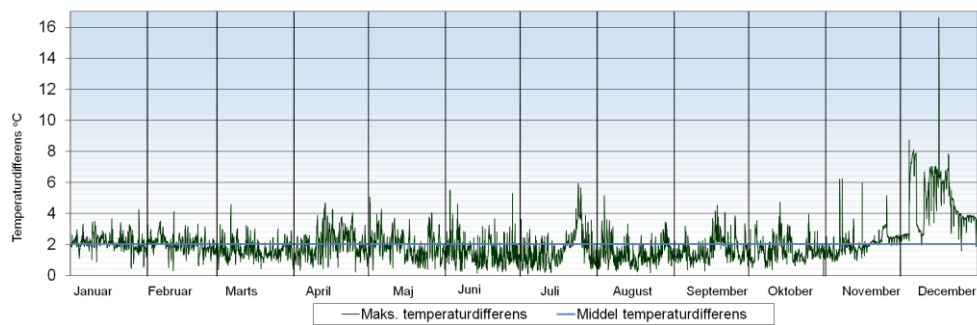
Det fremgår af figurerne i afsnit 5.1.3, at der er uens temperaturer i rummene. Denne variation vil naturligt opstå afhængigt af rummenes brug, da det interne varmetilskud varierer efter antallet af personer i et rum. De følgende figurer viser hvorledes forskellen mellem det koldeste og det varmeste rum varierer i løbet af 2009-2011.

2009



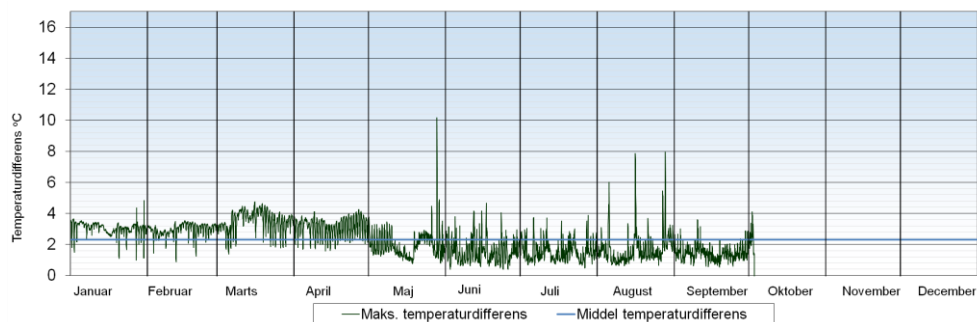
Figur 5.12 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.13 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.14 Maksimal temperaturforskel imellem rummene for 2011.

## 5.2 Opsamling: Termisk indeklima

Ud fra analyserne i afsnit 5.1 samt resultaterne i "Bilag B – Termisk indeklima" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

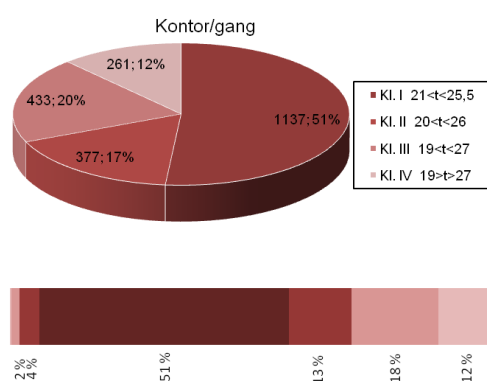
- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

### 5.2.1 Termisk funktion

#### Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårmåneder i træk i foråret 2010, ses der udelukkende på dette år. Her holder temperaturen sig indenfor kategori II i minimum 94% af tiden, hvilken giver et godt termisk indeklima.

## Sommersituation



Figur 5.15. Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2011.

Huset har i sommersituationen problemer med høje temperaturer. Der opnås kat. II i ca 70-75% af tiden i de fleste rum, men på repos'et i det dobbelthøje rum (måler kaldet kontor/gang) skyldes afvigelserne i ca 30% af tiden at der er temperaturer over 26°C. Dette fremgår af figuren til venstre.

## Efterårssituation

I efterårssituationen fungerer huset godt, meget svarende til foråret. Dog er der lidt køligere i 2010, men kat. II er stadig overholdt i ca 80% af tiden.

## Vintersituation

I vinterperioden opnås kat. II i ca 75% af tiden for både 2009 og 2010. Ved afvigelser skyldes dette lavere temperaturer (dvs temperaturer under 20°C).

### 5.2.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.1.

#### DS/EN 15251 kategori II

Som tidligere nævnt vurderes her ud fra som maksimal afvigelse på 3 eller 5 %, hvilket på årsbasis svarer til 259 og 432 timer. [DS/EN 15251, 2007]. Desuden vurderes på månedsbasis ud fra afvigelser på 12 og 25 %, som anbefales i udkastet til "Definition of the indoor environmental quality- Used for Net Zero Energy Buildings (NetZEB)" udarbejdet i Strategisk forskningscenter for Energinetralt byggeri.

Ved vurdering af huset ses, at de største afvigelser fra kategori II forekommer i sommerhalvåret. Dette skyldes overophedning i huset. Vurderes fx indeklimaet i stuen i den beboede periode opnås kun 5 måneder med under 12% afvigelser fra kat. II, 6 mdr under 25% afvigelser og hele 9 mdr med over 25% afvigelser fra kat. II.

Ved vurdering af overskridelserne fra kat. II på årsbasis fremkommer der også meget høje værdier, som alle ligger langt fra de anbefalede 3% og 5%.

#### Lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020

Ved vurdering af de nuværende krav til lavenergiklasse 2015 og bygningsklasse 2020 om maks 100 timer over 26°C og 25 timer over 27°C skal tællingen af timer foretages for kritiske rum. I dette tilfælde vurderes det kritiske rum at være det dobbelthøje rum, som fungerer som køkken/alrum samt repos/kontor, da dette rum er sydvendt med store vinduespartier i flere retninger. Der er i 2010, som er det år der giver mindst overtemperatur, registreret 702 timer over 26°C og 316 timer over 27°C i køkken alrum og 952 timer over 26°C og 529 timer over 27°C i kontor/repos.

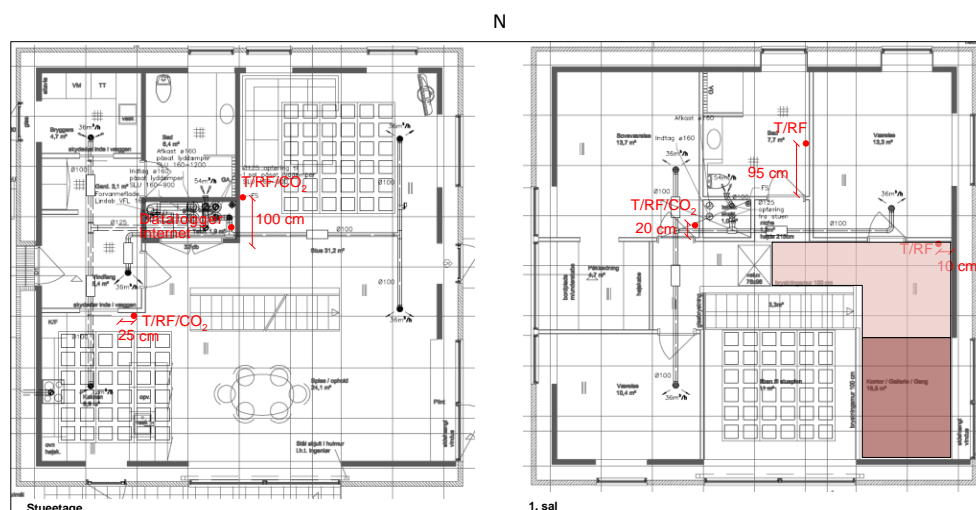
Ud fra ovennævnte antal timer kan det derfor konkluderes, at huset ikke kan leve op til de krav det i dag stilles til indeklima i lavenergibyggeri.

### PHI-anbefaling ift overtemperatur

Ved vurdering af passivhus-anbefalingen om maks 10% af tiden over 25°C, svarer de 10% til en beregning baseret på hele huset som gennemsnit. I praksis vil de sydvendte rum ofte overophede hvorimod de nordvendte rum forbliver kølige, og det kan derfor diskuteres hvorvidt denne vurdering bør foretages på rumniveau eller ej. I afsnit 5.1.2 opgives tallene på rumniveau. Heraf fremgår det, at huset i 2010 ikke overholder de 10% i nogle af de målte rum. Rummet med den mindste overskridelse er stuen – her er der temperaturer over 25°C i 16% af tiden.

### 5.2.3 Kritiske rum

Der gives i det følgende en oversigt over hvilke rum der typiske er kolde hhv varme rum i boligen. Oversigten er foretaget ud fra temperaturmålinger i de pågældende rum og er foretaget på årsbasis. Oversigten er baseret på samtlige rum i boligen, hvori der måles temperaturer. Vurderingen er ikke foretaget for 2011, da huset kun har været beboet i 4 måneder i købet af sommeren dette år.



Figur 5.16: De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste temperatur og mørk farve markerer rummet med den højeste temperatur for 2009 og 2010.

Det fremgår af ovenstående figurer, at kontoret/repos på 1. sal i 2009 og 2010 både har flest varme timer og flest kolde timer – dvs der i sommerperioden bliver meget varmt her og i vinterperioden bliver koldest her.

### 5.3 Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder CO<sub>2</sub>-niveauet i bygningen, som vurderes i dette afsnit. Desuden vil luftskiftet i bygningen blive vurderet sidst i dette afsnit.

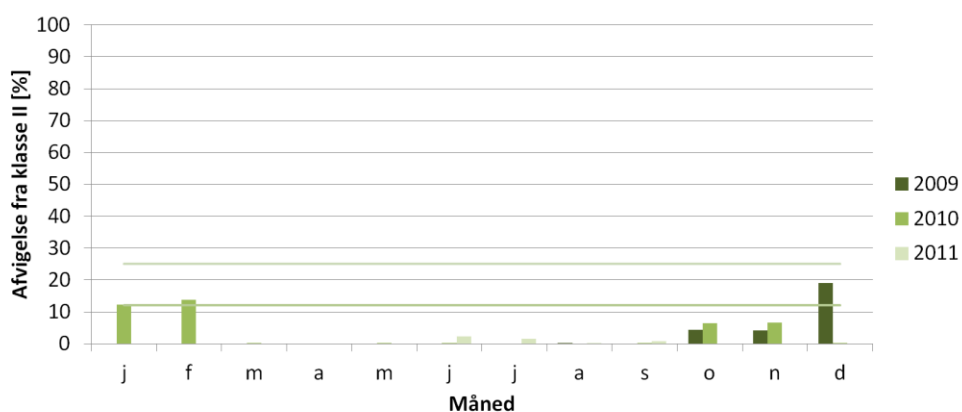
Der søges også med atmosfærisk indeklima at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for CO<sub>2</sub>-niveauet i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.4.

### 5.3.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.13 til Tabel 5.15. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.16. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)"

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	4	4	19
2010	12	14	0	0	0	0	0	0	0	6	7	0
2011	0	0	0	0	0	2	1	0	1	-	-	-

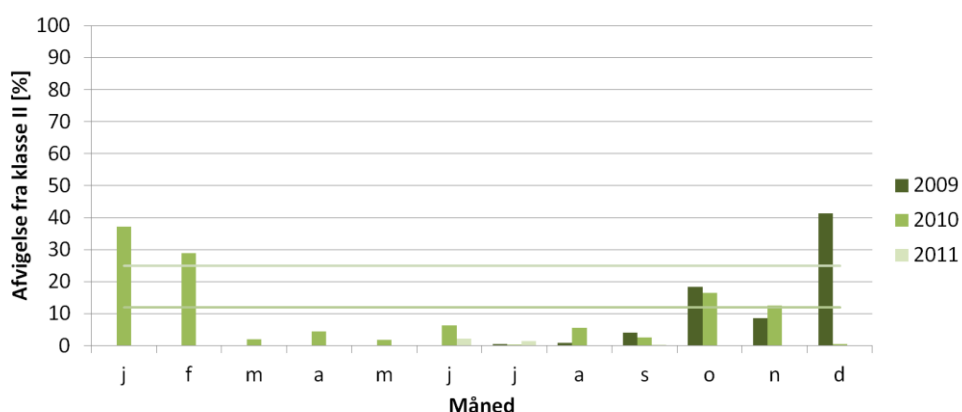
Tabel 5.13: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.17: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	1	4	18	9	41
2010	37	29	2	4	2	6	0	6	3	17	13	0
2011	0	0	0	0	0	2	1	0	0	-	-	-

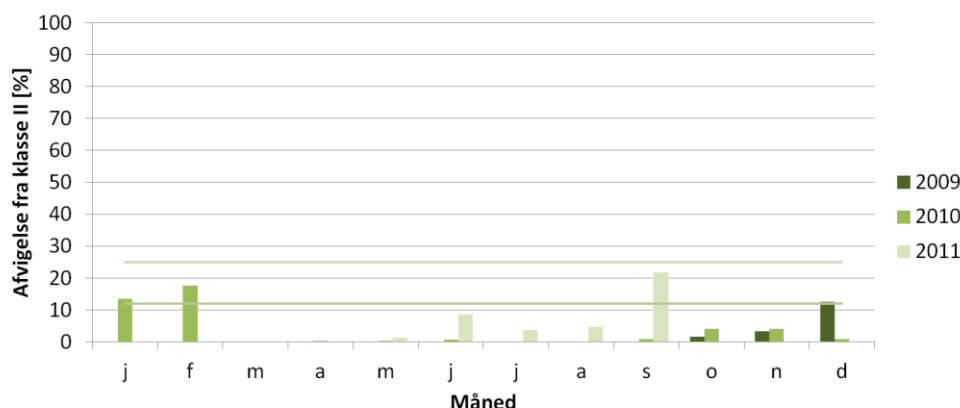
Tabel 5.14: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.18: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	0	0	0	0	0	2	3	13
2010	13	18	0	0	0	1	0	0	1	4	4	1
2011	0	0	0	0	1	9	4	5	22	-	-	-

Tabel 5.15: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.



Figur 5.19: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse

Det fremgår af ovenstående figurer, at afvigelserne fra kategori II er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet huset er meget lukket i denne periode end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Dog er afvigelserne begrænsede i omfang. Desuden ses det, at stuen opnår de største afvigelser fra kategori II, hvilket kan skyldes, at dette rum bruges mere end de øvrige rum. Ved vurdering af værdierne over året (jf nedenstående tabel) er det også stuen der opnår det dårligste resultat.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	3	3	1
Stue	8	10	0
Soveværelse	2	3	4

Tabel 5.16: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.3.2 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 8 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/alrum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Stue	-	-	-	0	0	0	0	0	0	3	0	4
	Soveværelse	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/alrum	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Stue	6	4	0	1	0	1	0	0	0	3	3	0
	Soveværelse	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2011	Køkken/alrum	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	-	-
	Soveværelse	0	0	0	0	0	1	1	0	1	-	-	-

Tabel 5.17: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt.



Ovenstående tabel viser, at der ikke forekommer mange sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II, så selvom der i vinterperioderne er overskridelse af kat. II, så er det ikke i sammenhængende perioder.

Ved sammenfatning af resultaterne i Tabel 5.17 til årsniveau findes antal sammenhængende 8 timers perioder i løbet af et år i Tabel 5.18.

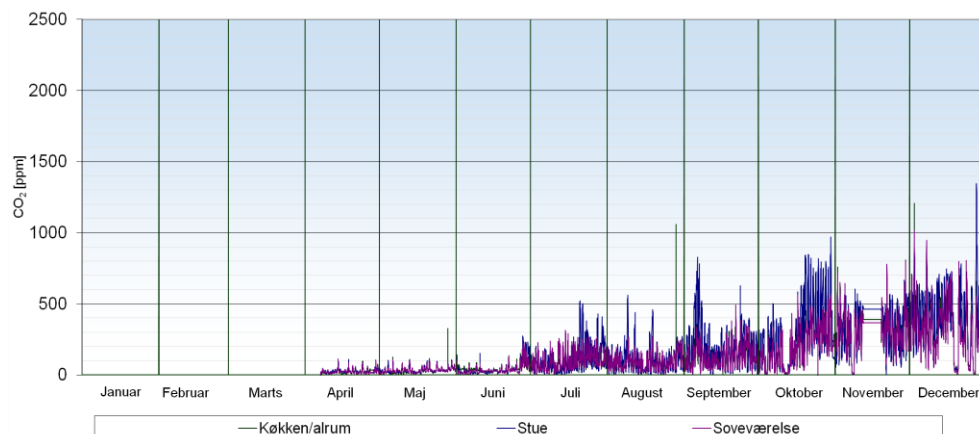
		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	6
	2011	1
Stue	2009	7
	2010	18
	2011	1
Sove- værelse	2009	0
	2010	5
	2011	3

Tabel 5.18: Antal sammenhængende perioder >8 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

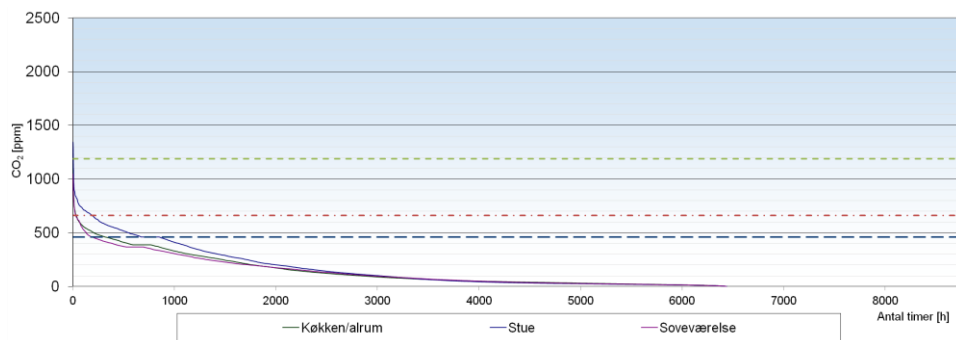
### 5.3.3 CO<sub>2</sub>-målinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit indeholder en kronologisk oversigt over CO<sub>2</sub>-målingerne i huset fratrasket udeniveau således, at de direkte kan sammenholdes med kravene fra hhv DS/EN 15251 og CR1752 (se evt afsnit 2.2.1).

#### 2009

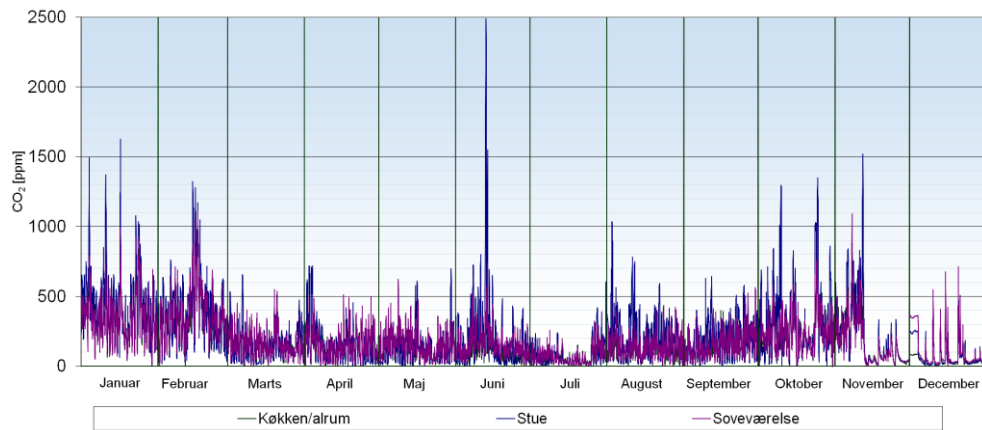


Figur 5.20 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2009.

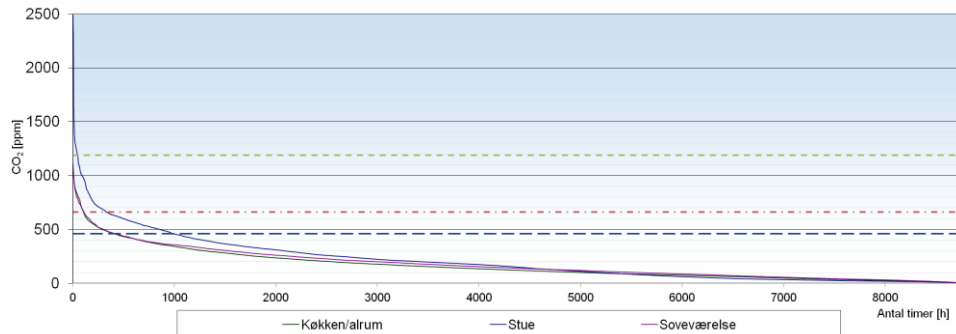


Figur 5.21 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2009.

2010

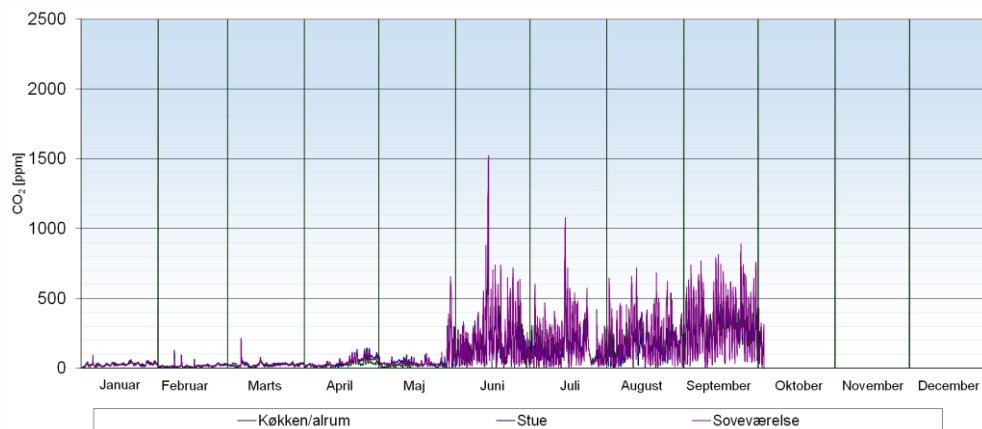


Figur 5.22 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2010.

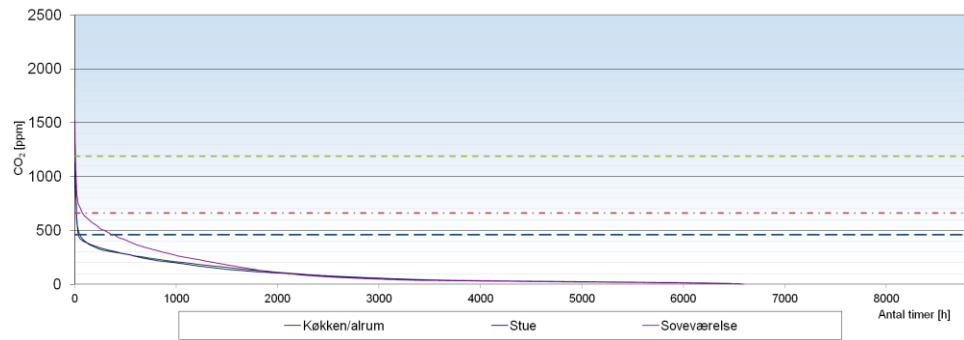


Figur 5.23 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.24 CO<sub>2</sub>-niveau i de enkelte rum for 2011.



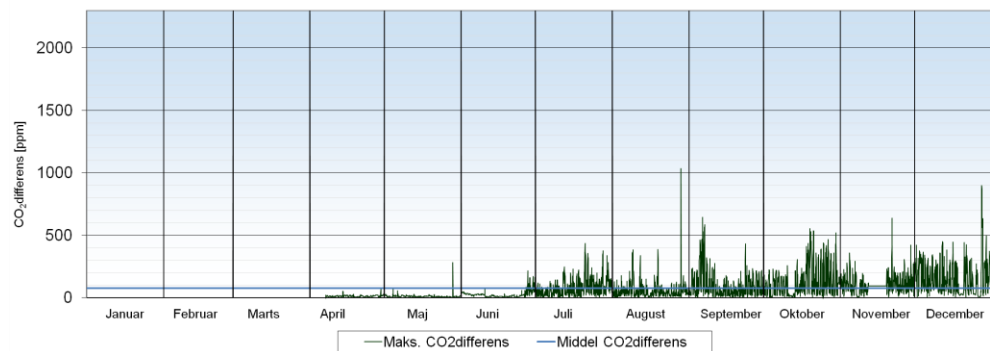
Figur 5.25 Akkumuleret CO<sub>2</sub>-niveau for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af CO<sub>2</sub>-niveauet i de målte rum, at niveauet stiger en anelse i vinterperioden. Dette er helt som forventeligt, da boligen i denne periode holdes mere tæt end om sommeren hvor døre og vinduer ofte er åbne. Der suppleres dermed i væsentlig grad med naturlig ventilation om sommeren.

### 5.3.4 CO<sub>2</sub>-forskel imellem rum

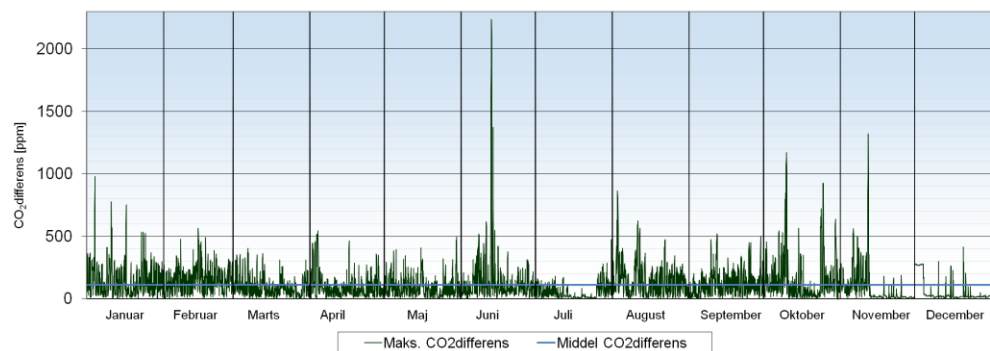
Det fremgår af forrige afsnit, at der er god opblanding af luft i boligen, da niveauerne er stort set ens. I det følgende vurderes forskellen i niveauerne.

#### 2009



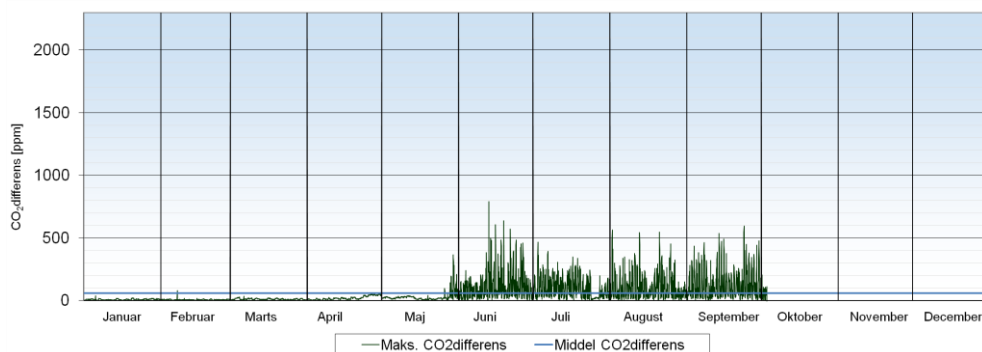
Figur 5.26 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2009.

#### 2010



Figur 5.27 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.28 Maksimalt CO<sub>2</sub>-niveau forskel imellem rummene for 2011.

Forskellen i målte CO<sub>2</sub>-niveauer er stort set ens året rundt.

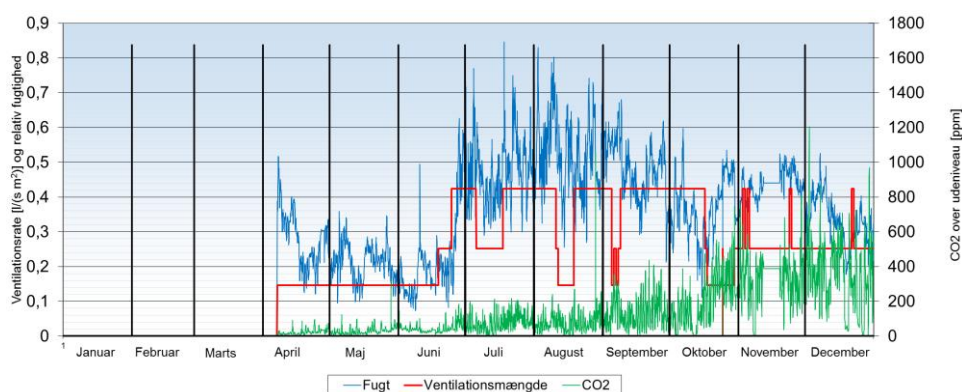
### 5.3.5 Behovstyret ventilation - vurdering af luftskifte i boligen

Der blev ved projektets start givet dispensation fra BR08 således, at der kunne køres med behovsstyret ventilation i samtlige Komforthuse. Husets luftskifte fremgår af nedenstående tabel. Celler markeret med gråt angiver beboelse i huset. Det fremgår her, at familie 1 havde et højere luftskifte end familie 2. Hos familie 1 har der ikke været problemer med CO<sub>2</sub>-niveauet. Hos familie 2, som kører et væsentligt lavere luftskifte, er det svært at vurdere, da familien kun har boet der i sommermånederne og derfor har haft god mulighed for at supplere med naturlig ventilation. Ses september hos familie 2 opnås 22% afvigelse i september, hvilket tyder på, at luftskiftet ikke vil være tilstrækkeligt når den naturlige ventilation mindskes pga udetemperaturen.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	Året
2009	-	-	-	0,146	0,146	0,223	0,357	0,356	0,394	0,299	0,269	0,257	0,272
2010	0,184	0,192	0,389	0,354	0,405	0,270	0,424	0,221	0,237	0,150	0,152	0,158	0,261
2011	0,228	0,199	0,146	0,146	0,149	0,165	0,146	0,147	0,146	-	-	-	0,164

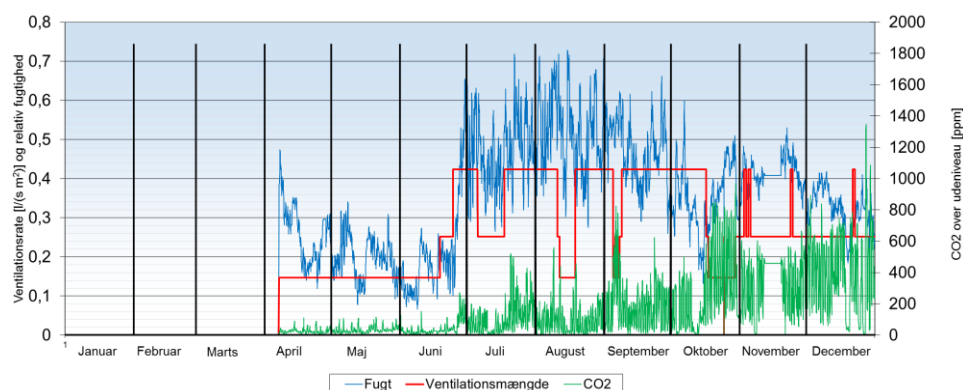
Tabel 5.19 Middel ventilationsmængde i l/(s m<sup>2</sup>)

### 2009 køkken/alrum



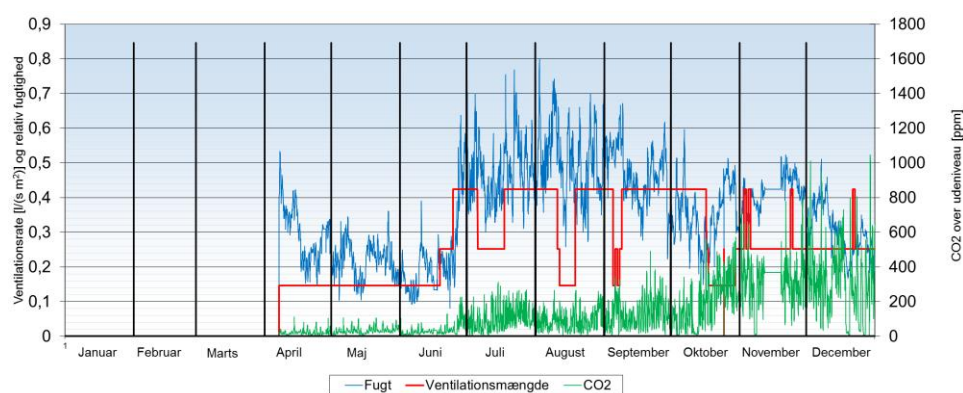
Figur 5.29: Ventilationsmængde, CO<sub>2</sub> og fugt i køkken/alrum

## 2009 stue



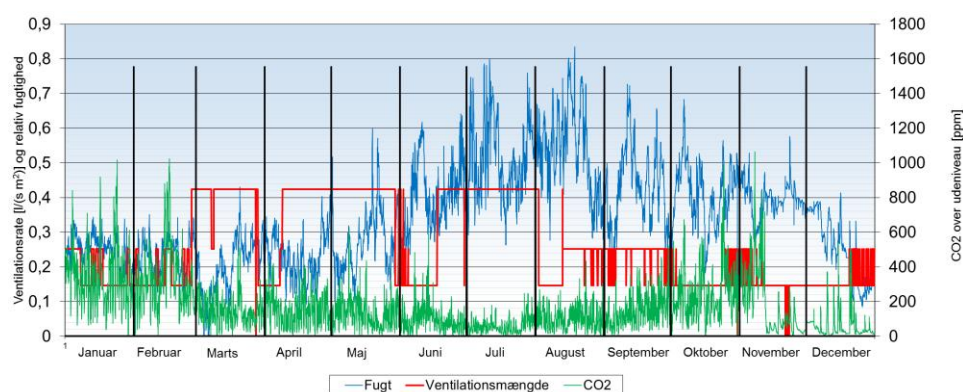
Figur 5.30: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2009 soveværelse



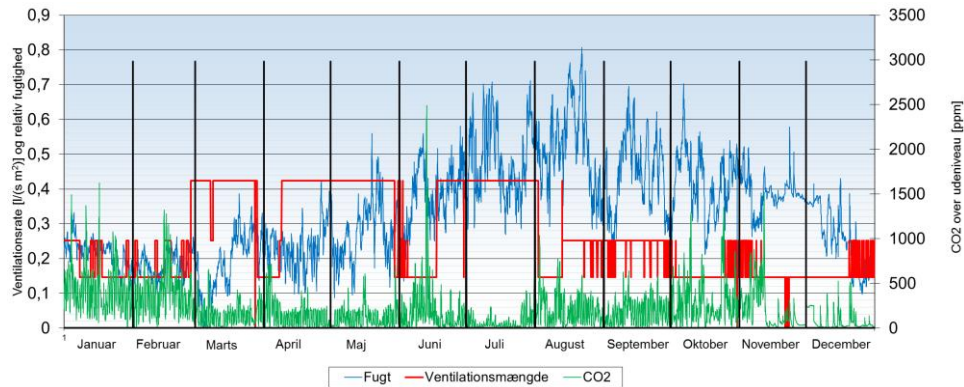
Figur 5.31: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i soveværelse

## 2010 køkken/alrum



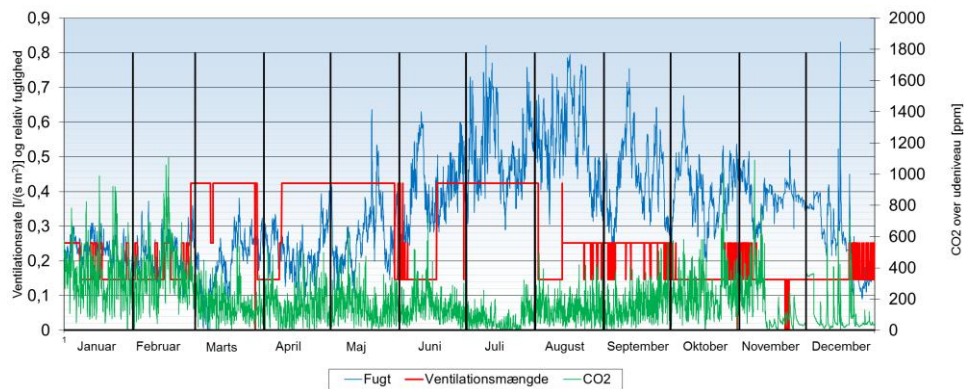
Figur 5.32: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

## 2010 stue



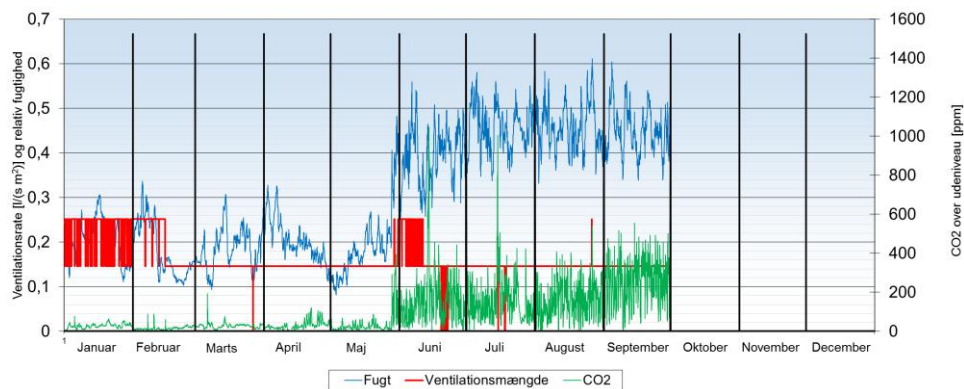
Figur 5.33: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2010 soveværelse



Figur 5.34: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i soveværelse

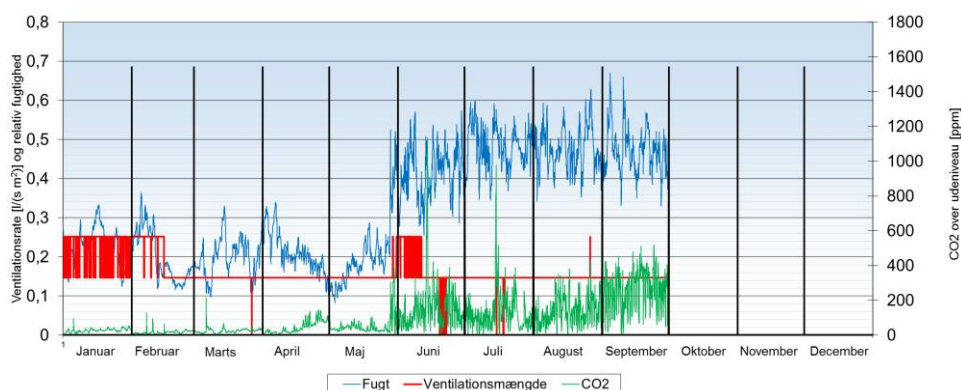
## 2011 køkken/alrum



Figur 5.35: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i køkken/alrum

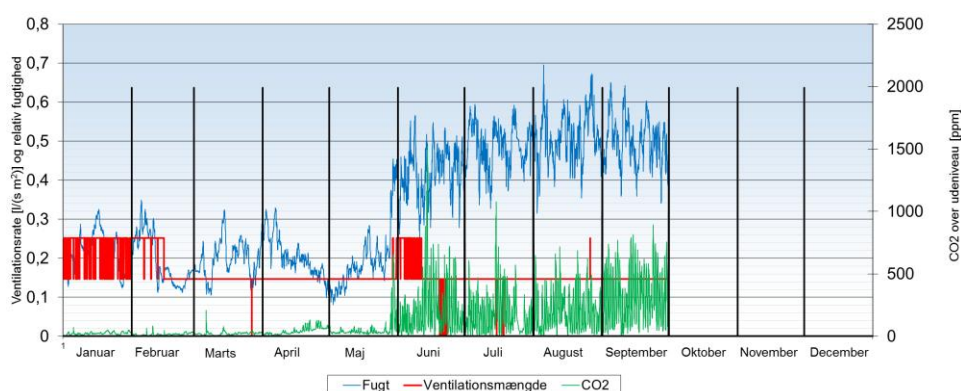


## 2011 stue



Figur 5.36: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i stue

## 2011 soveværelse



Figur 5.37: Ventilationsmængde, CO2 og fugt i soveværelse

## 5.4 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – luftkvalitet

Ud fra analyserne i afsnit 5.3 samt resultaterne i "Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

### 5.4.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

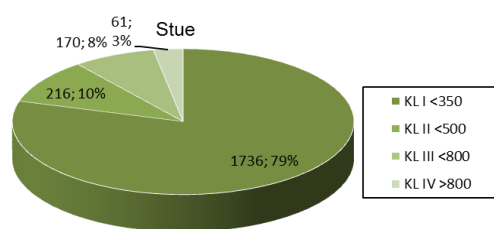
#### Forårssituation

Da huset kun har været beboet tre forårsmåneder i træk i foråret 2010, ses der udelukkende på dette år. Der er i denne periode opnået kategori II i ca 100% af tiden i køkken/alrum og soveværelse, hvorimod der afviges fra kat. II i ca 3% af tiden i stuen.

#### Sommersituation

I sommerperioderne 2010 og 2011 opnås kat. II i ca. 95% af tiden. De største afvigelser forekommer i 2010 i stuen (familie1) og i 2011 i soveværelset (familie2), men afvigelserne er stadig langt under de anbefalede 12% og 25%.

### Efterårssituation



Der opnås i efteråret 2010 kategori II i minimum 89% af tiden. Den største afvigelse findes i stuen. Afgivelserne er fordelt med 8% på kategori III og 3% på kategori IV. Afgivelserne fremgår af figuren til venstre.

Figur 5.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

### Vintersituation

Ved vintersituationen benyttes vinteren 2010. Som forventet stiger CO<sub>2</sub>-niveauet i vintermånederne, da den naturlige ventilation i denne periode må forventes at være på et minimum. Der opnås kategori II i 80-90% af tiden. Igen er det stuen der giver det dårligste resultat.

#### 5.4.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.1.

#### DS/EN 15251 kategori II

Det fremgår vurderingerne ift DS/EN15251, at afvigelse er størst i vinterhalvåret, hvilket er helt som forventeligt, idet vinduer og døre er mere lukkede i denne periode end om sommeren, hvor de ofte er åbne, og dermed bidrager til at forøge luftskiftet i boligen.

Desuden ses det, at stuen opnår de største afvigelser fra kategori II.

Sammenholdes med anbefalingen om maks. 5% overskridelse fra kat II opnås det i alle rum på nær stuen. Enkelte rum opnår også 3% overskridelser, men der findes ikke en gennemgående tendens til dette.

#### Overskridelse af kategori II i en sammenhængende 8 timers periode

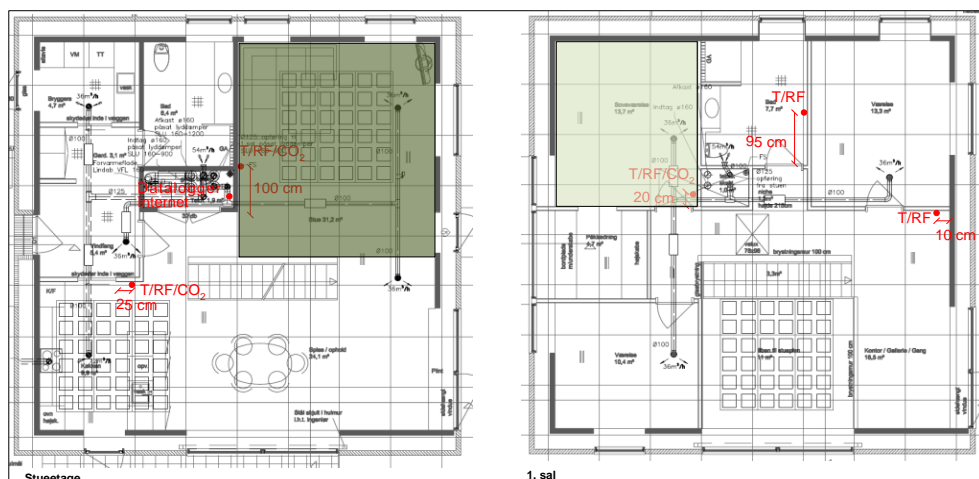
Der forekommer ikke mange sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II, så selvom der i vinterperioderne er en del overskridelse af kat. II, så er det ikke i sammenhængende perioder. Det er også ved denne vurdering stuen, der får det dårligste resultat med 18 sammenhængende perioder i løbet af et år. Dette må dog på ingen måde blive betragtet som et dårligt resultat.

#### 5.4.3 Kritiske rum

Der er i de registrerede rum i denne bolig ikke fundet problemer med CO<sub>2</sub>-niveauet. Nedenstående figurer viser hvilke rum der har hhv de højeste og laveste koncentrationer af CO<sub>2</sub>. Vurderingen er ikke foretaget for 2011, da huset kun har været beboet 4 måneder dette år.

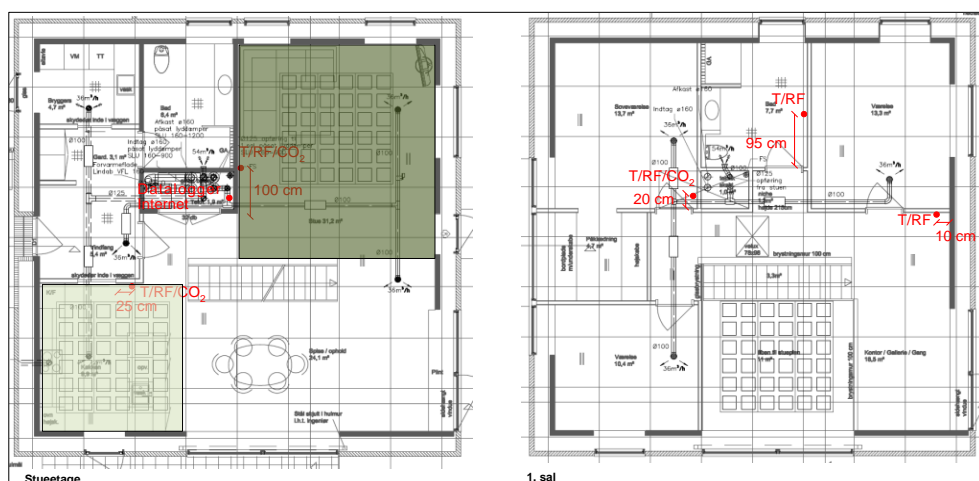


N



5.39 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO<sub>2</sub>-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO<sub>2</sub>-niveau for 2009.

N



5.40 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med det laveste CO<sub>2</sub>-niveau og mørk farve markerer rummet med det højeste CO<sub>2</sub>-niveau for 2010.

Vurderingen af de kritiske rum følger konklusionerne i det forrige afsnit der viser, at stuen er det rum der opnår de højeste koncentrationer.

#### 5.4.4 Ventilation

Ved vurdering af luftsiftet i boligen, og sammenholdning af dette med CO<sub>2</sub>-niveau i huset vurderes det, at luftsiftet i boligen i de fleste perioder er tilstrækkeligt til trods for, at der året rundt køres med et luftsifte lavere end de i BR08 anbefalede værdier (som var 0,35 l/s pr m<sup>2</sup>).

### 5.5 Atmosfærisk indeklima - fugt

I afsnit 2.2 er det beskrevet hvilke krav der er opsat for det atmosfæriske indeklima, herunder niveauet af den relative luftfugtighed (RF) i bygningen, som vurderes i dette afsnit.

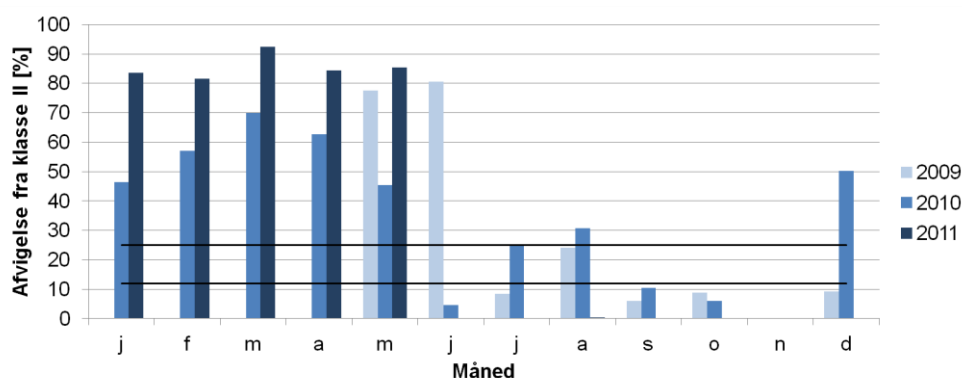
Det ønskes at overholde kategori II. Oversigt over, hvilke analyser der foretages for RF i bygningen findes i Tabel 2.6. I dette afsnit vil det blive belyst om disse krav er overholdt. Sammenfatning af resultaterne i dette afsnit foretages i afsnit 5.6.

### 5.5.1 DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

I de følgende tabeller vises den procentvise andel af timer der ligger udenfor kategori II. Opgørelserne er foretaget på månedsbasis i Tabel 5.20 til Tabel 5.24. En årsopdelt opgørelse findes i Tabel 5.25. Sæsonopdelte værdier samt værdier for fordelingen mellem kategori I, II og III findes i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)".

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	78	81	8	24	6	9	0	9
2010	46	57	70	63	45	5	25	31	10	6	0	50
2011	84	82	92	84	85	0	0	0	0	-	-	-

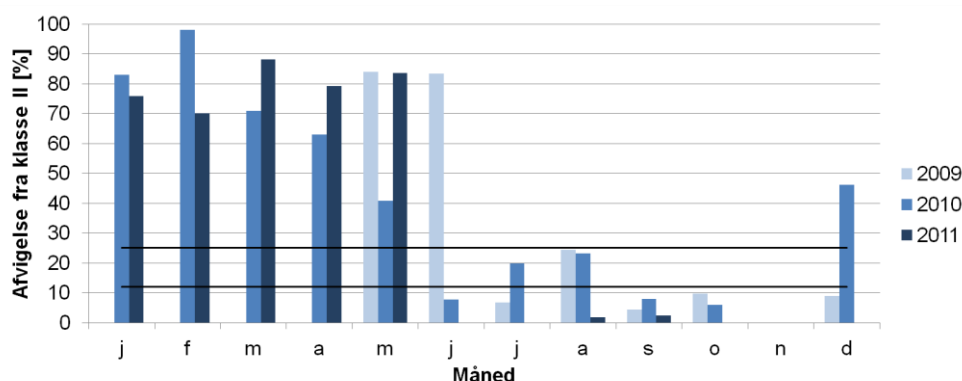
Tabel 5.20: Afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.



Figur 5.41: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for køkken/alrum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	84	83	7	24	4	10	0	9
2010	83	98	71	63	41	8	20	23	8	6	0	46
2011	76	70	88	79	84	0	0	2	2	-	-	-

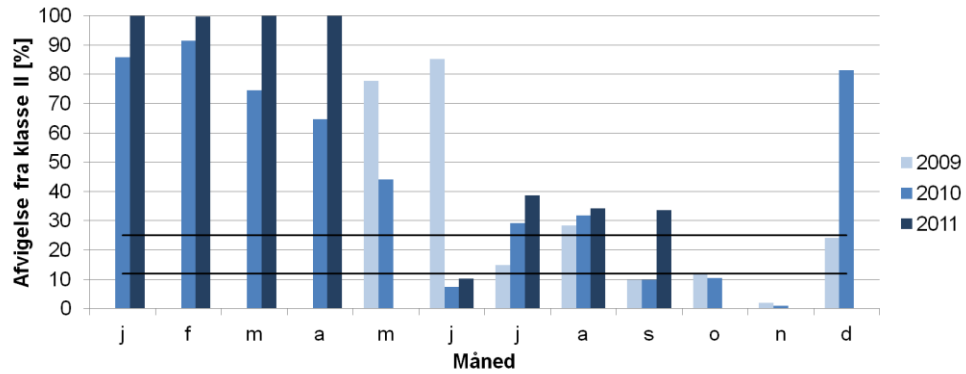
Tabel 5.21: Afvigelser i procent fra kategori II for stue.



Figur 5.42: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for stue.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	78	85	15	28	10	12	2	24
2010	86	91	74	65	44	7	29	32	10	10	1	81
2011	100	100	100	100	0	10	39	34	34	-	-	-

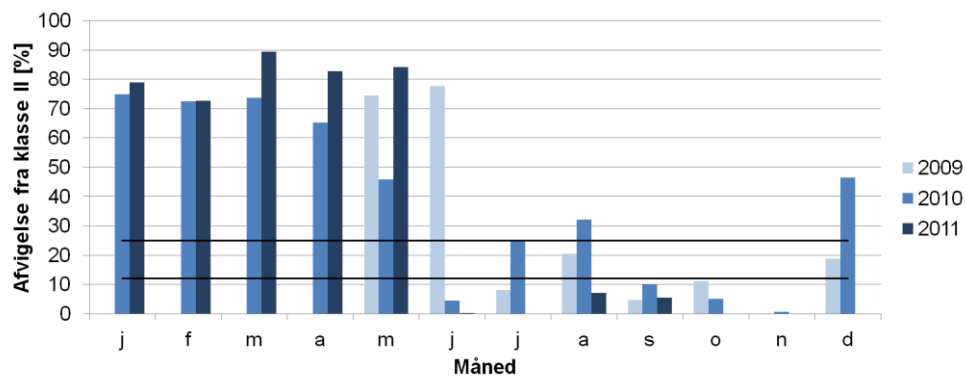
Tabel 5.22: Afvigelser i procent fra kategori II for baderum.



Figur 5.43: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for baderum.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	74	78	8	20	5	11	0	19
2010	75	72	74	65	46	4	25	32	10	5	1	47
2011	79	73	90	83	84	0	0	7	6	-	-	-

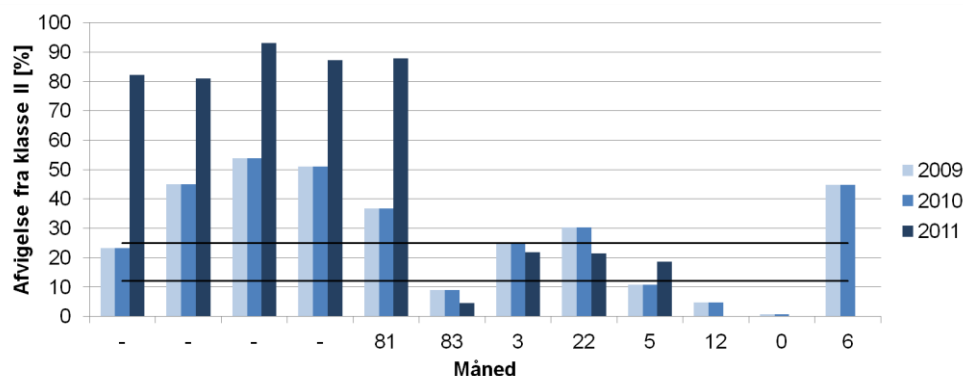
Tabel 5.23: Afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.



Figur 5.44: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for soveværelse.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	-	-	-	-	81	83	3	22	5	12	0	6
2010	23	45	54	51	37	9	25	30	11	5	1	45
2011	82	81	93	87	88	5	22	22	19	-	-	-

Tabel 5.24: Afvigelser i procent fra kategori II for kontor/gang.



Figur 5.45: Grafisk illustration af afvigelser i procent fra kategori II for kontor/gang.

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelset findes der store afvigelser hele året rundt. I de øvrige rum findes de største afvigelser i vinter og forårsmånederne. Hvorvidt afvigelse skyldes for høj eller lav RF fremgår ikke her, men vurderes målingerne af RF i afsnit 5.5.5 ses, at det i det første tilfælde vil skyldes for høj RF og i det andet tilfælde skyldes for lav RF.

Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

	2009	2010	2011
Køkken/alrum	28	34	35
Stue	29	38	33
Baderum	32	44	74
Soveværelse	27	38	35
Kontor/gang	28	28	66

Tabel 5.25: Samlet årsoversigt over afvigelser fra kategori II for alle rum.

### 5.5.2 Perioder med RF<45%

For at sikre anbefalingen om mindst en måned med RF<45% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.26.

		Antal perioder
Køkken/ alrum	2009	4
	2010	3
	2011	2
Stue	2009	3
	2010	3
	2011	2
Baderum	2009	3
	2010	3
	2011	1
Sove- værelse	2009	3
	2010	2
	2011	4
Kontor/ gang	2009	1
	2010	1
	2011	1

Tabel 5.26: Antal sammenhængende perioder >1 måned, hvor den relative fugtighed er under 45 %.

Det fremgår af ovenstående tabel, at der alle år i alle rum er mindst 1 måned med RF < 45%.

### 5.5.3 Tid med RF>75%

For at sikre anbefalingen om maksimalt 1% af tiden med RF>75% i løbet af årets foretages en dynamisk vurdering af måleresultaterne. Resultatet fremgår af Tabel 5.27 på månedsbasis og i Tabel 5.28 på årsbasis.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-		0	0	1	2	0	0	0	0
	Stue	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
	Baderum	-	-	-		0	1	0	2	0	2	0	0
	Sove- værelse	-	-	-		0	0	0	1	0	0	0	0
	Kontor/ gang	-	-	-		0	0	0	0	0	0	0	0
2010	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	Baderum	0	0	0	0	0	0	2	8	1	2	0	0
	Sove- værelse	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0
	Kontor/ gang	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0
2011	Køkken/ alrum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Stue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	0	0	0	0		0	4	4	3	-	-	-
	Sove- værelse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	Kontor/ gang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.27: Procentdel med relativ fugtighed over 75 %.

Af ovenstående og nedenstående tabel fremgår det, at baderum flere gange opnår længerevarende perioder med RF > 75%. Også soveværelse og kontor/gang har bl.a. problemer i august 2010.

		$\phi > 75\%$
Køkken/ alrum	2009	0
	2010	0
	2011	1
Stue	2009	0
	2010	1
	2011	1
Baderum	2009	0
	2010	1
	2011	1
Sove- værelse	2009	0
	2010	1
	2011	2
Kontor/ gang	2009	
	2010	
	2011	

Tabel 5.28: Årsværdier for andel af relativ fugtighed som er over 75 %.

#### 5.5.4 Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

I det følgende vurderes hvor mange sammenhængende 24 timers perioder der er, hvor værdierne er udenfor kategori II. Vurderingen foretages på månedsbasis i Tabel 5.29 og på årsbasis i Tabel 5.30.

		j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
2009	Køkken/ alrum	-	-	-	3	5	3	0	1	0	0	0	1
	Stue	-	-	-	2	3	2	0	3	0	1	0	1
	Baderum	-	-	-	3	4	3	0	3	0	1	0	1
	Sove- værelse	-	-	-	4	5	4	0	1	0	1	0	1
	Kontor/ gang	-	-	-	2	4	2	0	1	0	1	0	1
2010	Køkken/ alrum	4	6	3	6	3	0	2	2	1	1	0	3
	Stue	7	3	3	5	4	0	2	2	0	0	0	3
	Baderum	7	9	6	7	4	0	2	3	1	1	0	6
	Sove- værelse	6	6	4	4	5	4	0	1	0	1	0	1
	Kontor/ gang	2	5	2	5	3	0	3	2	1	0	0	2
2011	Køkken/ alrum	3	2	2	1	3	0	0	0	0	-	-	-
	Stue	5	0	3	0	3	0	0	0	0	-	-	-
	Baderum	0	1	0	0	0	0	3	3	3	-	-	-
	Sove- værelse	6	6	4	4	5	4	0	1	0	-	-	-
	Kontor/ gang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-

Tabel 5.29: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt.

		Klasse II
Køkken/ alrum	2009	14
	2010	15
	2011	12
Stue	2009	17
	2010	16
	2011	19
Baderum	2009	13
	2010	11
	2011	12
Sove- værelse	2009	2
	2010	9
	2011	15
Kontor/ gang	2009	0
	2010	0
	2011	0

Tabel 5.30: Antal sammenhængende perioder >24 timer hvor klasse II ikke er overholdt på årsbasis.

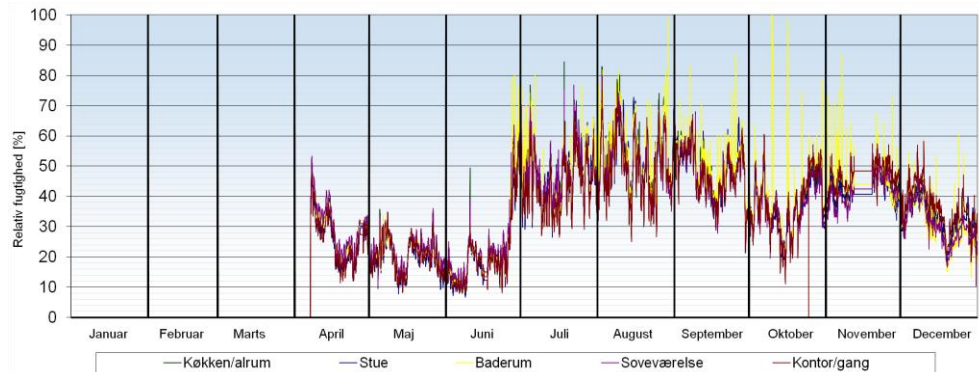
Af ovenstående tabel fremgår det, at der findes adskillige perioder med overskridelser af kat. II når RF vurderes.



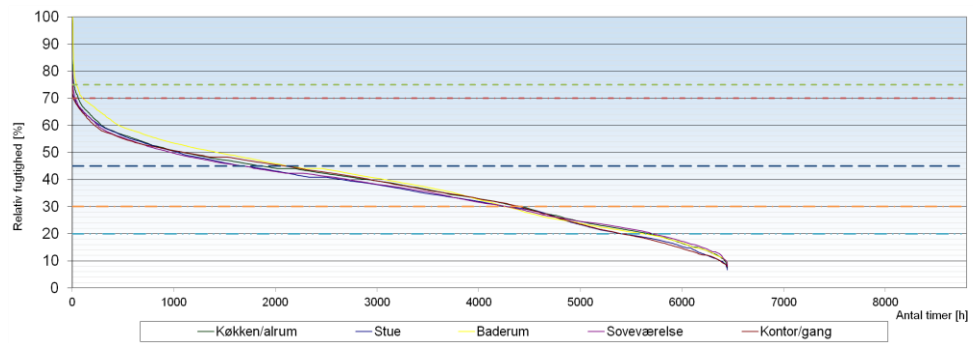
### 5.5.5 Fugtmålinger foretaget gennem hele året

Følgende afsnit viser målepunkterne for relativ luftfugtighed placeret rundt i huset.

2009

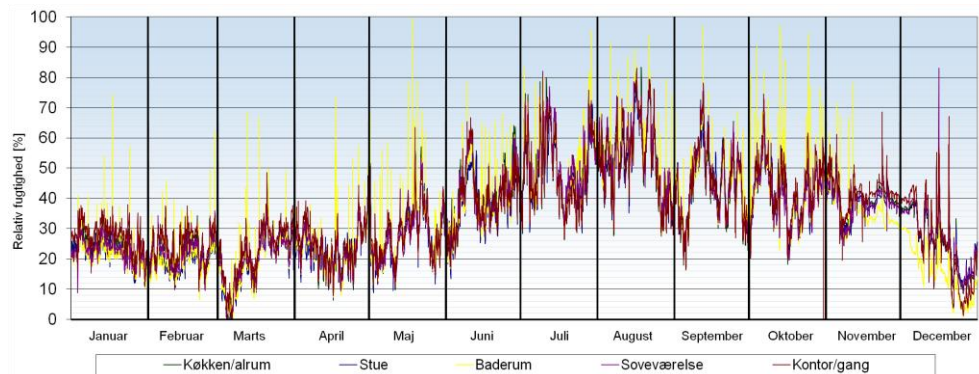


Figur 5.46 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2009.

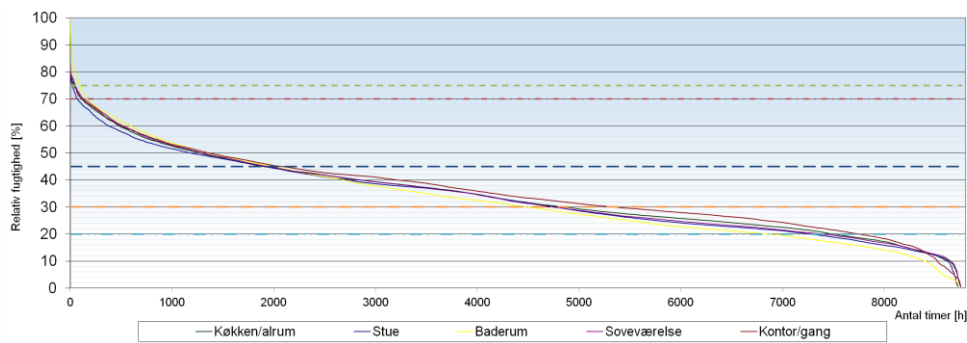


Figur 5.47 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2009.

2010

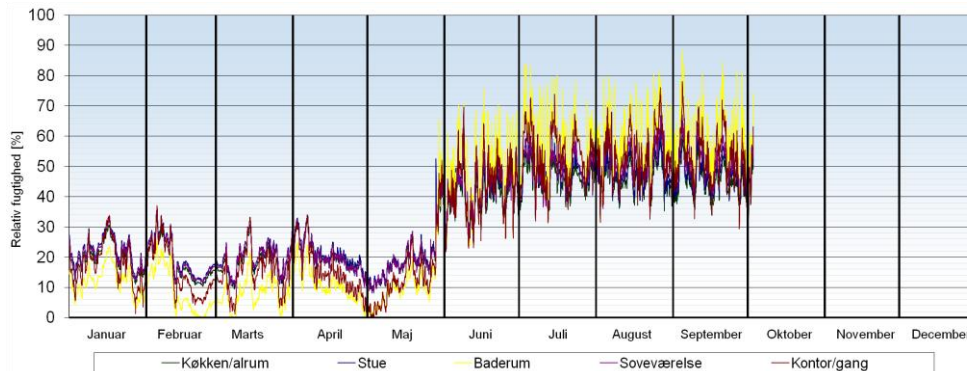


Figur 5.48 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2010.

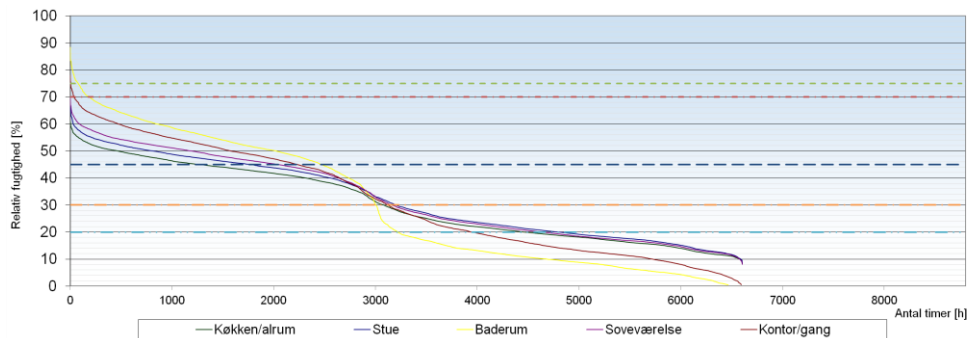


Figur 5.49 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2010.

2011



Figur 5.50 Relativ luftfugtighed i de enkelte rum for 2011.



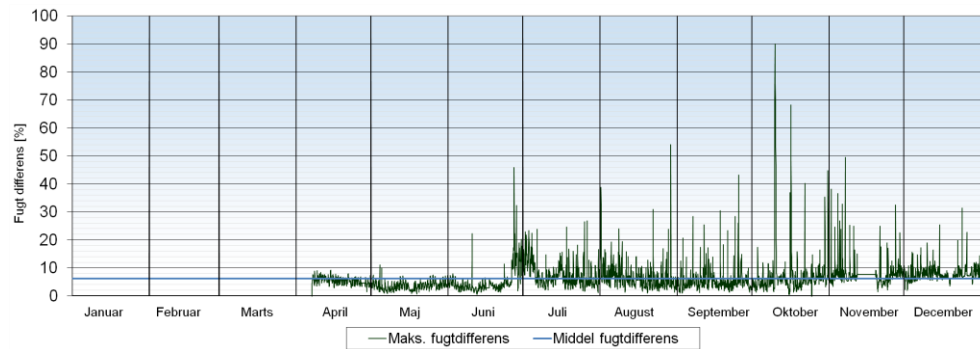
Figur 5.51 Akkumuleret relativ luftfugtighed for de enkelte rum for 2011.

Det fremgår af figurerne, at der er et stort spænd i målte værdier i løbet af året. Det er typisk badeværelset der har den højeste RF, men også soveværelset har høje værdier og en stor variation i værdierne. Samtidig forekommer der lange perioder i vinterhalvåret med meget lave værdier for RF. Huset stod tomt i starten af 2011, hvilket kan forklare de meget lave værdier i denne periode.

### 5.5.6 Relativ luftfugtighedsforskel imellem rum

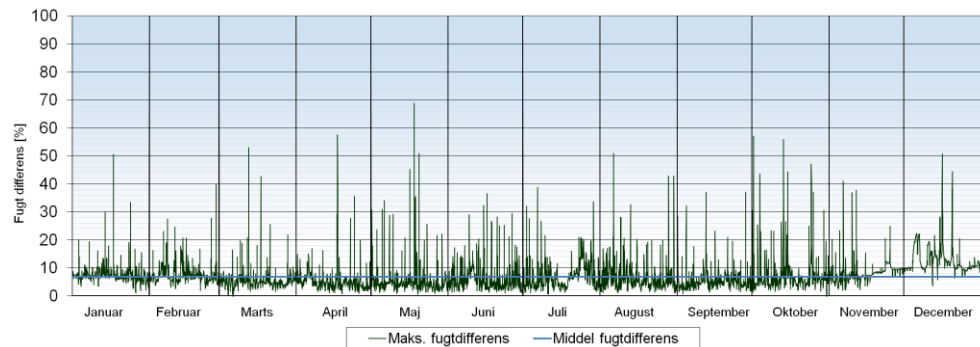
Følgende grafer viser forskellen i RF mellem rummet med den højeste og laveste værdi.

2009



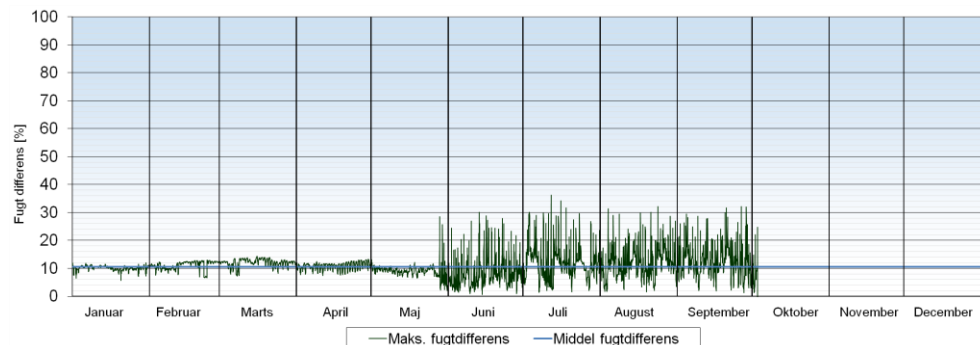
Figur 5.52 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2009.

2010



Figur 5.53 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2010.

2011



Figur 5.54 Maksimalt relativ luftfugtighedsforskel imellem rummene for 2011.

Det fremgår af ovenstående figurer, at bundlinien for forskellen er næsten konstant. De store afvigelser der fremgår som korte lodrette linier opstår når der bades.

## 5.6 Opsamling: Atmosfærisk indeklima – fugt

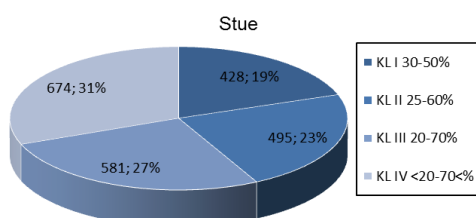
Ud fra analyserne i afsnit 0 samt resultaterne i "Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)" vil der i det følgende blive opsummeret på resultaterne for huset. Der er i analyserne brugt følgende opdeling af sæsoner:

- Forår: marts, april, maj
- Sommer: juni, juli og august
- Efterår: september, oktober, november
- Vinter: december, januar, februar (fra samme år!)

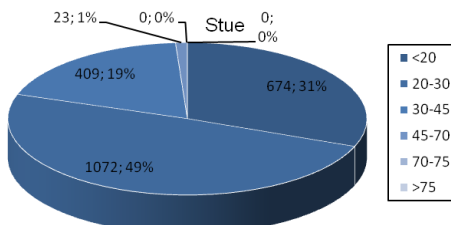
### 5.6.1 Beskrivelse af sæsonvariationer

#### Forårssituation

Huset har kun været beboet foråret 2010, hvorfor det kun er denne periode der er vurderet. Her opnås kat. II i ca. 40-50% af tiden. Figur 5.55 og Figur 5.56 illustrerer hvorledes fordelingen af RF ligger gennem perioden og hvordan tiden er fordelt på de forskellige kategorier. Her fremgår det, at der er meget tørt i huset i denne periode.



Figur 5.55: Timefordeling for RF for forårssituation i stue i 2010.



Figur 5.56: Fordeling af målt RF for forårssituation i stue i 2010.

#### Sommersituation

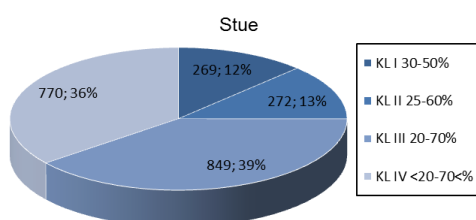
Der er ingen problemer eller kun mindre problemer med den relative fugtighed i huset i sommerperioden. Kat. II opnås mellem 75-100% af tiden.

#### Efterårssituation

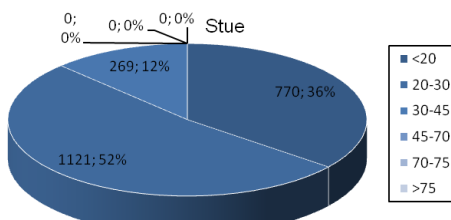
Også i efterårssæsonen fungerer huset rimeligt. Her opnås også kat. II i 75-90% af tiden. Dog lidt mindre i badeværelset.

#### Vintersituation

I vinterperioden ses det hvorledes at luften i huset tørrer ud og den relative luftfugtighed falder. I denne periode opleves meget lave værdier af RF. Især vinteren for 2010 er meget tør, men denne vinter var også koldere end sædvanligt. I denne vinter opnås kun kat. II 25-50% af tiden. Fordelingen for stuen er vist i nedenstående figurer.



Figur 5.57: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 5.58: Fordeling af målt RF for vintersituation i stue i 2010.

### 5.6.2 Overholdelse af krav/anbefalinger

I dette afsnit kontrolleres hvorledes resultaterne fundet i projektet afviger fra de opstillede krav og anbefalinger i afsnit 2.2.2.

#### DS/EN 15251 – overholdelse af kategori II

Der er i alle de registrerede rum en del afvigelser fra kategori II. I badeværelset findes der høje værdier af RF der medfører store afvigelser hele året rundt. I de øvrige rum findes de største afvigelser i vinter og forårsmånederne, og her skyldes det lave værdier af RF. Ved vurdering på årsbasis er alle værdier langt fra de anbefalede maks. 5% afvigelse.

### Perioder med $RF < 45\%$

Der opnås i alle år i alle rum mindst 1 måned med  $RF < 45\%$ .

### Tid med $RF > 75\%$

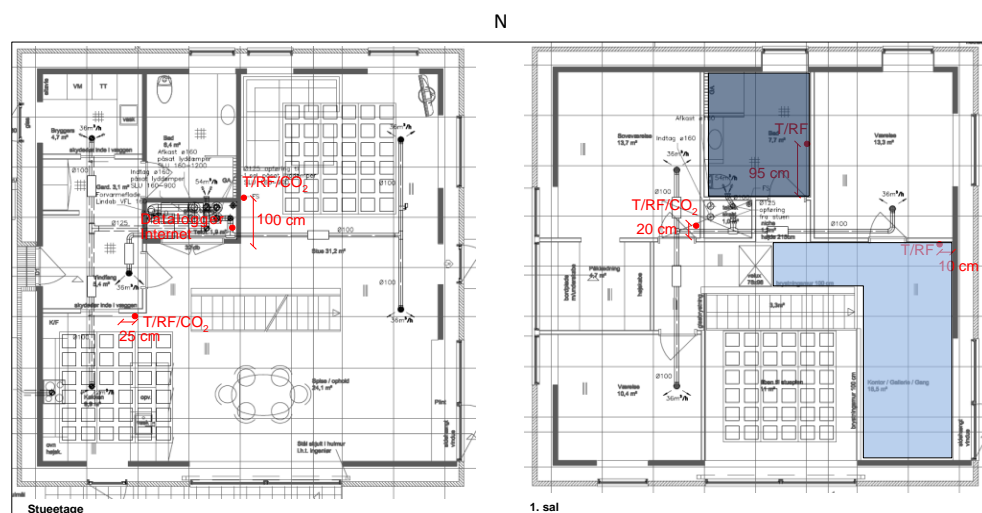
Badeværelset har flere gange perioder med  $RF > 75\%$ . Også soveværelse og kontor/gang har problemer bl.a. i august 2010.

### Sammenhængende perioder med overskridelse af kategori II

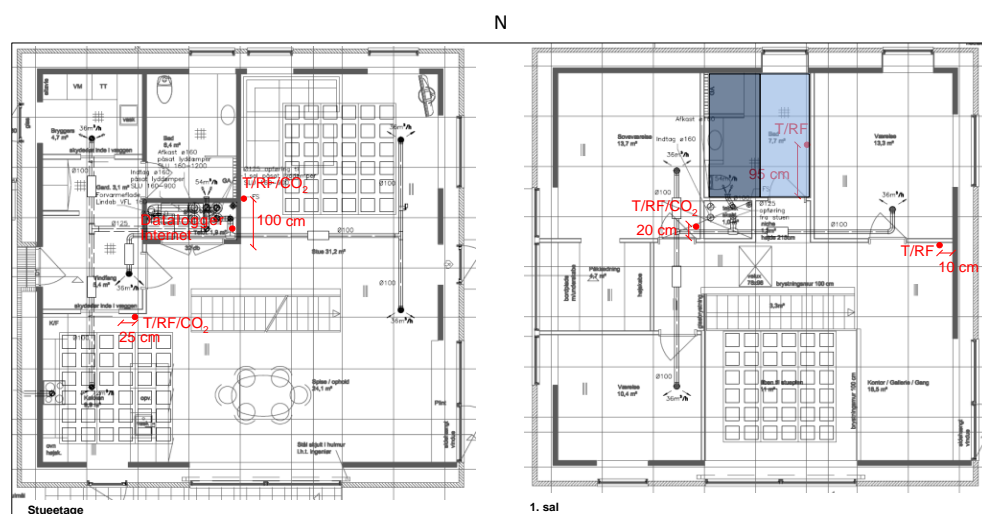
Der findes adskillige perioder på mere end 24 timer hvor der opnås overskridelser af kat. II når  $RF$  vurderes. Dog er der i kontor/gang ikke nogen overskridelser.

#### 5.6.3 Kritiske rum

I det følgende vurderes de kritiske rum i boligen i forhold til  $RF$ . Vurderingen er ikke foretaget for 2011, da huset kun har været beboet 4 måneder dette år.



5.59 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2009.



5.60 De kritiske rum, lys farve markerer rummet med den laveste relativ luftfugtighed og mørk farve markerer rummet med den højeste relativ luftfugtighed for 2010 og 2011.

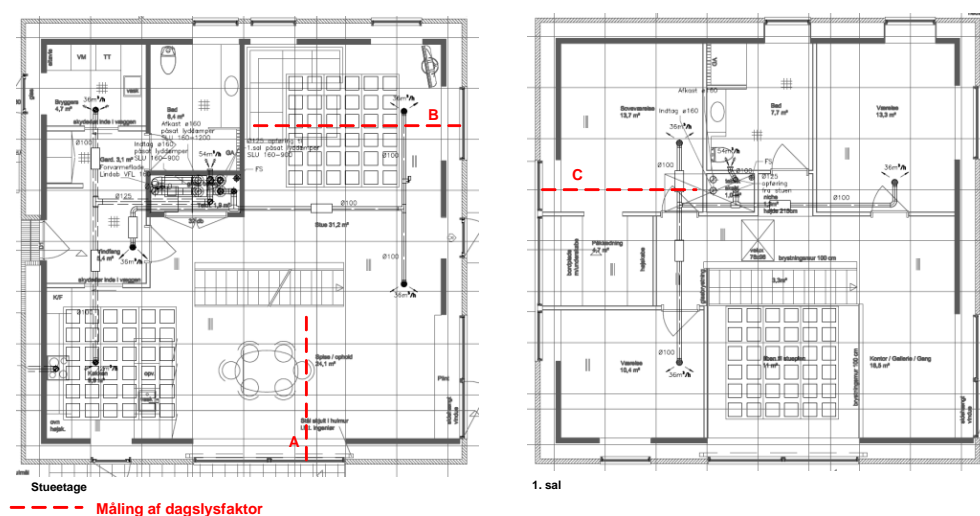
I 2009 findes de højeste værdier i badeværelset, hvilket er normalt. De laveste værdier findes i kontor/gang. I 2010 og 2011 findes både de højeste

og laveste værdier i badeværelset. De lave værdier findes i starten af året. Dette skyldes den høje temperatur på badeværelset, som får RF til at falde markant når der er tørret ud efter bad. De højeste værdier findes hen over sommeren i badeværelset.

## 5.7 Dagslysf forhold

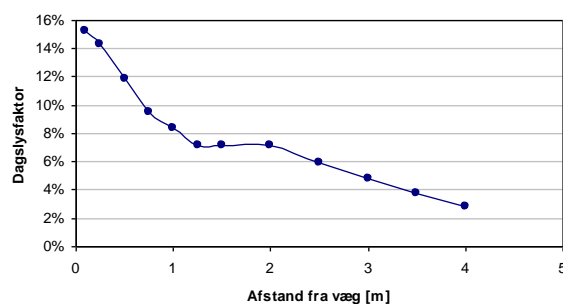
Registrering af dagslysfaktorer i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"..

Ved målingerne blev der målt dagslysfaktorer tre forskellige steder i huset. Positionen af målingerne ses i Figur 5.61.

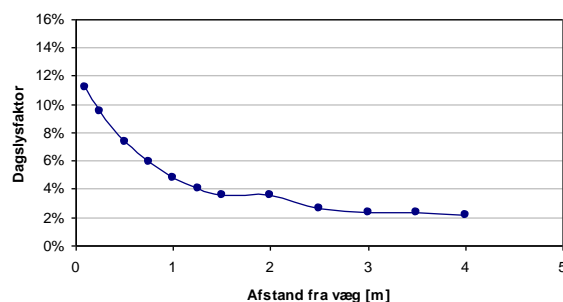


Figur 5.61. Positioner for måling af dagslysfaktorer ind gennem stuen.

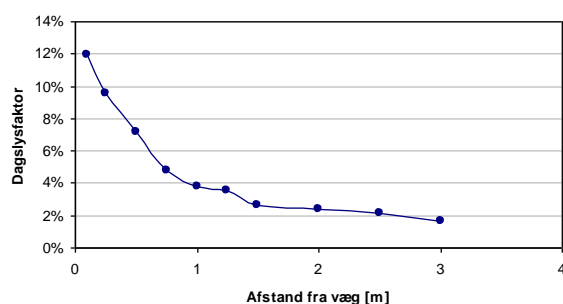
Resultaterne for målinger ses i Figur 5.62 til Figur 5.64.



Figur 5.62. Dagslysfaktor for position A i stue.



Figur 5.63. Dagslysfaktor for position B i stue.



Figur 5.64. Dagslysfaktor for position C i stue.

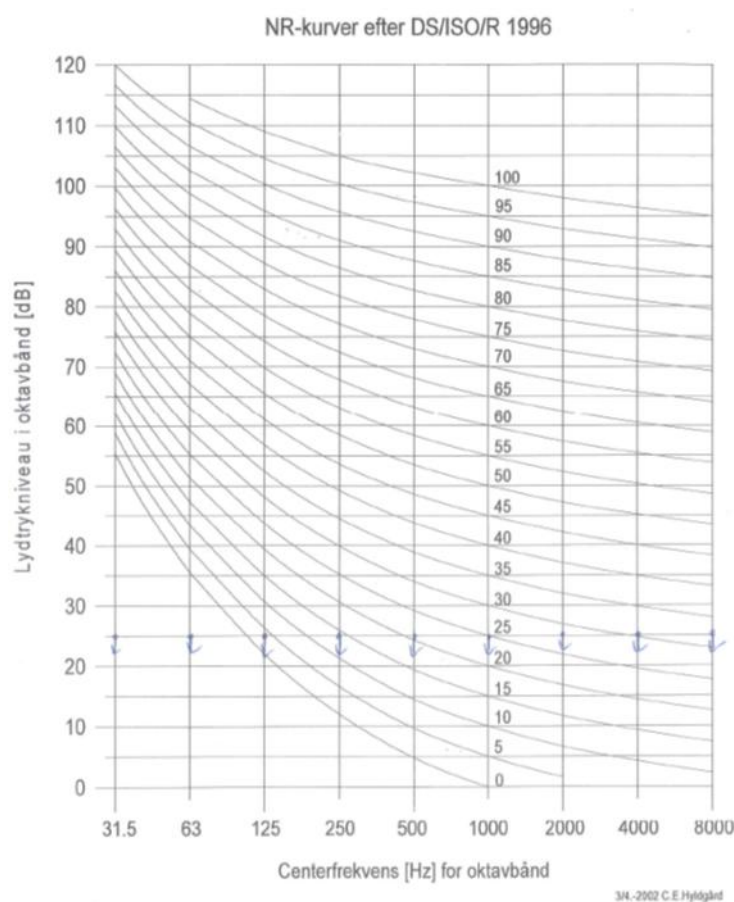
Som det ses af målingerne for dagslysfaktorerer, er kravet på 2% ved bagvæggen af rummet opfyldt for punkt A og B. I rum C er der målt en lidt mindre værdi i det inderste målepunkt, men stadig med ganske godt resultat.

## 5.8 Akustisk indeklima

Måling af støj og efterklangstider i huset blev foretaget 21. januar 2009. Målingerne følger beskrivelsen i rapporten "Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011".

### 5.8.1 Støj fra tekniske installationer

Støjmålingerne er gennemført i stuen. Resultatet af støjmålingerne er indtastet i NR-diagrammet i Figur 5.65.



Figur 5.65. Målinger af støj fra tekniske installationer.



Som det ses af måleresultaterne i Figur 5.65 ligger alle målingerne under 25 dB, som er kravet til lydklasse B. Herved er minimum lydklasse B opnået. Den præcise værdi er ikke angivet, da måleinstrumentet ikke kan registrere længere ned end 25 dB.

### 5.8.2 Efterklangstid

Målingerne af efterklangstider er målt i stuen (i tomt rum). Resultatet af målingerne af efterklangstid ses i Tabel 5.31.

Oktavbånd	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Efterklangstid [s]	1,0	1,0	1,5	1,9	1,9	1,5	1,0

Tabel 5.31. Måling af efterklangstider ved forskellige frekvenser.

Som det ses af målingerne på efterklangstider, er kravet til dette ikke umiddelbart overholdt for alle oktavbånd til trods for monteringen af lydlofter. Da efterklangstid skal måles i et møbleret rum, vil dette dog kunne ændre sig ved gentagelse af målingerne efter møblering.





## 6. Energiforbrug

I dette kapitel vurderes husets energiforbrug. Da huset ikke har været beboet et sammenhængende år med brugbare data, er det valgt at generere et kunstigt år. Året er sammensat af forskellige måneder udplukket i løbet af måleperioden. Der genereres for de samme måneder et kunstigt år med vejrdato til PHPP, som indsættes i huset PHPP beregning, hvorved der opnås mulighed for at sammenligne de målte og de beregnede værdier for hhv energiforbrug og overtemperatur-vurdering. Vejrdatasæt brugt i PHPP forefindes i "Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP".

Vurderingerne for energiforbrug er foretaget ud fra det kunstige år vist i Tabel 6.1.

jan-10	feb-10	mar-10	apr-10	maj-10	jun-10	jul-09	aug-09	sep-09	okt-09	nov-09	dec-09
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Tabel 6.1: Måneder brugt til analyse af husets energiforbrug.

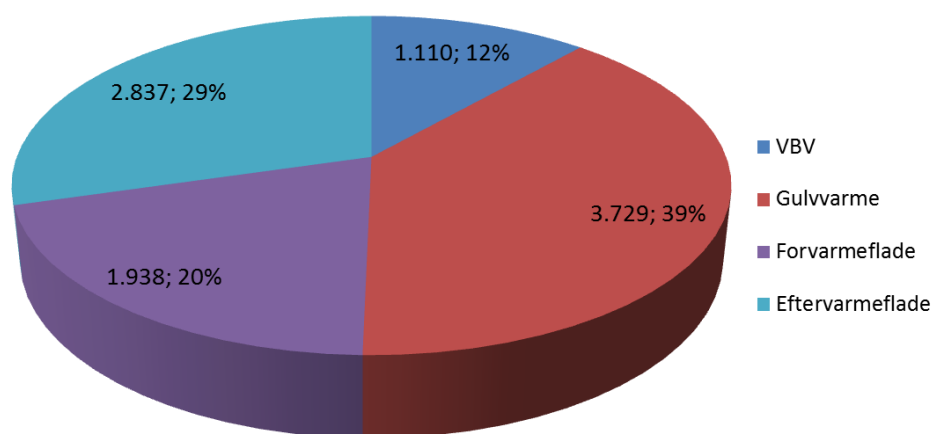
### 6.1 Husets samlede energiforbrug til rumvarme og varmt brugsvand

Tabel 6.2 viser husets samlede forbrug til rumvarme og varmt brugsvand fundet for månederne i det kunstige år.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
VBV	101	132	107	116	96	100	66	79	56	63	91	103	1.110
Gulvvarme/rad	855	696	271	176	132	78	54	55	23	186	330	873	3.729
Forvarmeblade	9	0	0	0	0	0	83	74	206	674	424	468	1.938
Eftervarmeblade	1160	1355	317	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2.837
Total rumopv.	2.024	2.051	588	178	135	78	138	128	229	860	754	1.341	8.504

Tabel 6.2: Målte energiforbrug i Stenagervænget 47. Alle værdier er opgivet i kWh.

Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.1.



Figur 6.1. Fordeling af energiforbrug.

### 6.2 Energiforbrug til rumopvarmning

Ud fra forrige afsnit kan energiforbruget til rumvarme bestemmes. Det er dette forbrug der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det er væsentligt at huske, at de målte data ikke er vejrdato-korrigerede. En direkte sammenligning kan derfor ikke foretages. Der skal, forinden dette foretages, laves en PHPP-beregning med de målte vejrdato svarende til det

kunstige år. Dette sker ligeledes i afsnit 6.4. Tabel 6.3 viser forbruget over året samt det samlede forbrug til rumopvarmning.

Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Forbrug [kWh]	2024	2051	588	178	135	78	138	128	229	860	754	1341	<b>8504</b>
Forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	13,1	13,2	3,8	1,1	0,9	0,5	0,9	0,8	1,5	5,6	4,9	8,7	<b>54,9</b>

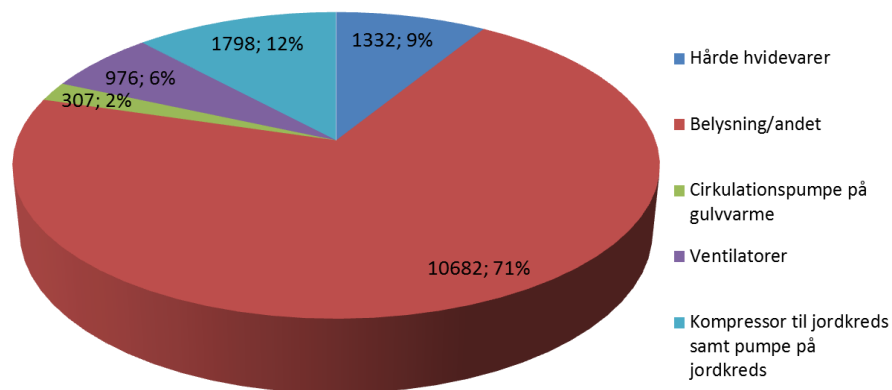
Tabel 6.3: Målt forbrug til rumopvarmning.

### 6.3 Energiforbrug til el

Tabel 6.4 viser husets samlede forbrug til el genereret ud fra det kunstige år. Fordelingen mellem de forskellige forbrug fremgår desuden af Figur 6.2. Det er dette forbrug, der i afsnit 6.4 skal vurderes i forhold til passivhuskriterierne. Det totale el-forbrug vægtes med en primær energifaktor på 2,7 svarende til værdien brugt i PHPP

Forbrug\ Måned	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d	År
Hårde hvidevarer	29	24	26	27	28	36	57	108	90	110	95	95	724
Belysning/andet	60	69	102	109	106	99	94	110	107	149	150	126	1280
Cirk. pumpe gulvvarme	6	8	25	27	39	47	50	46	45	43	33	13	382
ventilatorer	191	319	135	114	124	71	47	97	114	179	334	540	2264
Komp. & pumpe jordkreds	22	47	56	49	50	38	40	41	40	42	44	49	517
Total el forbrug	1494	1356	1789	1578	1613	1099	810	932	882	983	1087	1472	<b>15095</b>
Total el forbrug [kWh/m <sup>2</sup> ]	10	9	12	10	10	7	5	6	6	6	7	9	<b>97</b>

Tabel 6.4: Målte elforbrug i Stenagervænge 47. Alle værdier er opgivet i kWh.



Figur 6.2: Fordeling af elforbrug.

### 6.4 Overholdelse af passivhus-kriterierne

For at kontrollere, om huset overholder passivhus-kriterierne vil de målte data fra det kunstige år i det følgende blive sammenlignet med et beregnet forbrug. Det beregnede forbrug er fundet ud fra de aktuelle målte vejrdato i perioden, som er indsat i PHPP. Heraf fås nye og mere reelle værdier til sammenligning. Værdierne svarer til de 15 kWh/m<sup>2</sup> pr år til rumvarme og 120 kWh/m<sup>2</sup> pr år i primær energi i standardåret, der normalt benyttes i PHPP. Passivhus-kriterierne ses i Tabel 2.7. De beregnede og målte værdier findes i Tabel 6.5.

		Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	13	20	54,9
Primært Energibehov	[kWh/m <sup>2</sup> pr år]	92	99	262

Tabel 6.5: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Det fremgår af ovenstående tabel, at passivhuskriteriet ikke umiddelbart er overholdt i huset. Dog er kriteriet fastlagt ud fra en række forudsætninger hvoraf en af forudsætningerne hedder en rumtemperatur på 20°C. I stenagervænget 47 har rumtemperaturen i opvarmningssæsonen ikke været 20°C. Dette fremgår af Tabel 6.6.

	j	f	m	a	m	j	j	a	s	o	n	d
Køkken/alrum	21,4	22,1	23,1	23,7	24,2	24,5	25,4	24,7	23,4	22,1	21,6	21,1
Stue	22,2	23,4	22,7	22,6	23,1	24,9	25,3	24,5	23,5	22,3	21,4	20,9
Baderum	22,9	23,8	23,8	24,1	24,6	25,1	25,4	24,5	23,2	21,7	21,9	22,4
Soveværelse	22,1	22,7	23,4	23,8	24,4	24,7	25,6	25,2	23,8	22,5	22,1	21,9
Kontor/gang	20,9	21,9	22,7	23,5	24,1	24,8	26,3	25,1	23,6	22,1	20,8	20,4

Tabel 6.6: Gennemsnitstemperaturer for månederne i det kunstige år.

Ud fra temperaturerne i Tabel 6.6 beregnes en middeltemperatur for opvarmningssæsonen til 22,3°C, hvilket ligger et stykke fra de forudsatte 20°C i PHPP-beregningen. Gentages beregningen med 22,3°C i stedet for 20°C findes frem til resultatet i Tabel 6.7.

	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år	Forventet energiforbrug beregnet i PHPP med kunstigt år + rumtemp. på 22,3°C	Målte værdier fra kunstigt år
Varmebehov [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	13	20	26	54,9
Primært Energibehov [kWh/m <sup>2</sup> pr år]	92	99	105	262

Tabel 6.7: Kontrol af passivhuskriterierne for rumvarmebehov samt primært energiforbrug.

Efter sidstnævnte korrektion ses, at de målte og beregnede værdier stadig ligger langt fra hinanden både når rumvarmebehov og primært energiforbrug vurderes. Desuden ses det, at afvigelsen fra PHPP-beregningen fra det forventede energiforbrug i nogen grad skyldes brugeradfærden og den forhøjede rumtemperatur. Der er dog stadig meget langt mellem målt og beregnet, og huset overholder derfor ikke passivhuskriteriet for hverken rumvarmebehov eller primært energibehov.

Det tredje passivhus kriterium er kravet til tæthed. Ved opførelse og dimensionering af passivhuse, bliver der i høj grad lagt fokus på såvel varmetab igennem konstruktionen som tætheden af klimaskærmen. Tætheden af boligen er kontrolleret ved blowerdoor test af hvert konsortium.

Resultatet af blowerdoor testen kan ses i Tabel 6.8 sammen med Passivhuskriterierne og kravet fra bygningsreglementet 2008.

Lufttæthed		Krav	Målt værdi
<b>PHI</b>	$[h^{-1}]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	0,6	0,50
<b>BR08</b>	$[l/s \text{ pr } m^2]$ v. $\Delta P = 50 \text{ Pa}$	1,5	0,35

Tabel 6.8. Blowerdoor testresultat og krav fra PHI samt bygningsreglementet 2008.

Det kan ses fra blowerdoor-testresultatet at passivhus kriteriet på  $0,60 h^{-1}$  er overholdt. Kravet til passivhuse er højere end kravet fra bygningsreglementet 2008, som i dette tilfælde er over 500% større end den målte infiltration.

## 6.5 Overholdelse af passivhus-anbefaling om maks 10% overtemperatur

Det anbefales af PHI at der maks. 10% af tiden er temperaturer over  $25^{\circ}\text{C}$ . Ved brug af vejrdatasættet for det kunstige år, kan dette tal også beregnes i PHPP for det kunstige år og dermed direkte sammenlignes med målingerne. Denne sammenligning er foretaget i Tabel 6.9.

	Forventet tid med overtemperatur beregnet i PHPP for standard vejrdato	Forventet tid med overtemperatur beregnet med kunstigt år	Målt ud fra værdier i kunstigt år (middel for alle rum)
<b>Overtemperatur [%]</b>	3	4	16

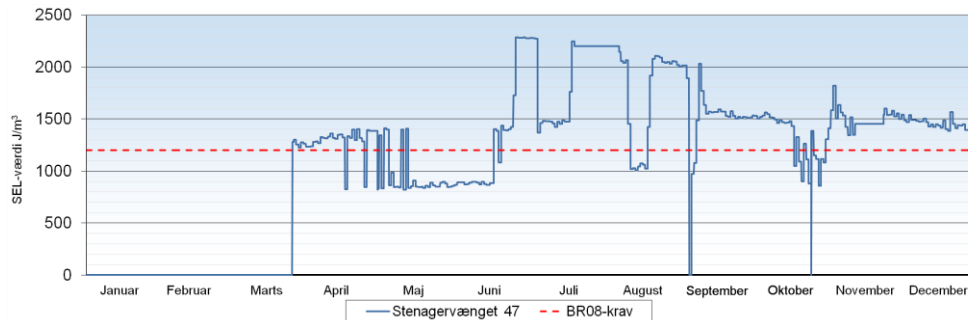
Tabel 6.9: Kontrol af passivhus-anbefaling om maks 10% tid med overtemperatur.

Det ses af ovenstående tabel, at huset afviger en del fra passivhus anbefalingen om overtemperatur i maks 10% af tiden. Desuden er de 16% fundet som en middelværdi for alle rum. I kontor/gang var afvigelsen på 19%, hvilket ikke er tilfredsstillende.

## 7. Installationer

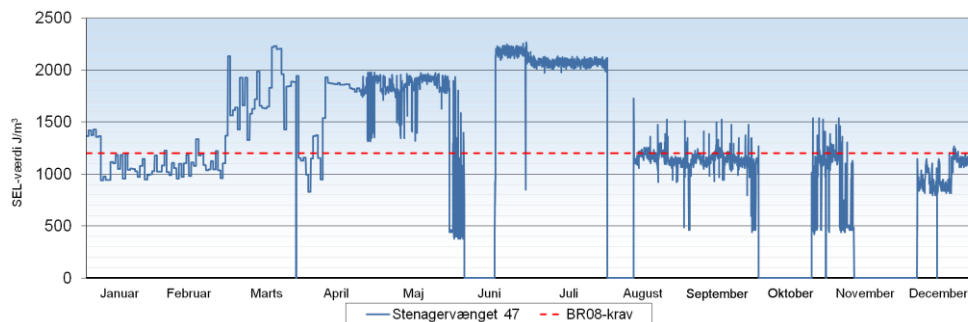
Der er i huset vurderet hvorledes SEL-værdien for anlægget har været gennem måleperioden. Nedenstående figurer viser den målte SEL-værdi sammen med BR08-kravet. Her fremgår det, at anlægget i en stor del af perioden ligger over BR08-kravet. I 2011 ligger værdien dog svarende til BR08-kravet eller lige under.

### 2009



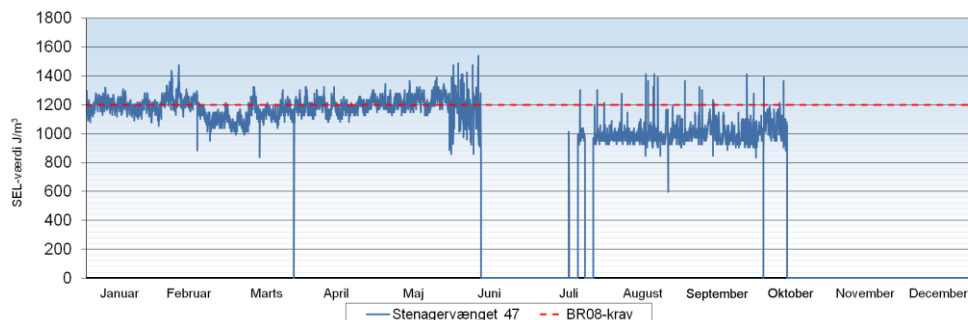
7.1: SEL-værdier for 2009.

### 2010



7.2: SEL-værdier for 2009.

### 2011



7.3: SEL-værdier for 2009.

Vurdering af varmevekslerens effektivitet fremgår af projektets tværgående rapport *"Komforthusene - Målinger og analyse af indeklima og energiforbrug i 8 passivhuse 2008-2011"*.



## 8. Kildeliste

- [BR08] *Bygningsreglement 2008*, <http://www.ebst.dk/br08.dk>
- [CR1752] *DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimaet*, Dansk standard, 2001
- [DS490] DS 490, Lysklassifikation af boliger, Dansk standard, 2007
- [Koch et all.] *Fugt i boligen*, Koch, A., Kvistgaard, B., Larsen, J. og Nielsen, T., Teknologisk Institut, 1987
- [Hyldgård] *Støjfri ventilationsanlæg*, Carl Erik Hyldgård, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, Indeklima og Energi, DCE Lecture Notes No. 15, 2007, ISSN 1901-7286
- [Larsen] *Vurdering af indeklimaet i hidtidigt lavenergibyggeri - med henblik på forbedringer i fremtidens lavenergibyggeri*, Tine Steen Larsen, Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg, 2011. 65 s. (DCE Contract Reports; 100)
- [PHPP2007] *Passive House Planning Package, Technical information PHI 2007/1, Requirements for Quality Approved Passive Houses*, Wolfgang Feist, Rainer Pfluger m.fl, 2007
- [SBI196] *SBI-anvisning 196, Indeklimahåndbogen*, Ole Valbjørn, Susse Lausten, John Høwisch, Ove Nielsen, Peter A. Nielsen, Statens byggeforskningsinstitut, 2000
- [SBI217] *SBI-anvisning 217, Udførelse af bygningsakustiske målinger*, Dan Hoffmeyer  
Henrik S. Olesen & Birgit Rasmussen, Statens byggeforskningsinstitut, 2008
- [SBI219] *SBI-anvisning 219, Dagslys i rum og bygninger*, Kjeld Johnsen & Jens Christoffersen, Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [SBI224] *SBI-anvisning 224, Fugt i bygninger*, Erik Brandt m.fl., Statens byggeforskningsinstitut, 2009
- [DS/EN 15251] *DS/EN 15251, Input-parametre til indeklimaet ved design og bestemmelse af bygningers energimæssige ydeevne vedrørende indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik*, Dansk standard, 2007.





## 9. Bilag A – Oprindelig version af indeklimavurdering

Nedenstående afsnit er den vurderingsmetode der i projektets start i 2008 blev opstillet til vurdering af indeklimate. Afsnittet er IKKE brugt i nærværende rapport, men vedlægges blot til orientering.

Vurdering af målingerne foretages for det termiske og atmosfæriske indeklimate ved brug af retningslinierne opstillet i "DS/EN/CR 1752, Ventilation i bygninger – Projekteringskriterier for indeklimate". Der er i konkurrenceprogrammet for Komforthusene ikke stillet konkrete krav om opfyldelse af et specifikt niveau, men da husene markedsføres som Komforthuse, bør kategori B som minimum være opfyldt. Måleresultaterne fra målingerne af temperatur, relativ fugtighed og CO<sub>2</sub>-niveau vil derfor blive holdt op mod en opfyldelse af dette. Kravene til den termiske og atmosfæriske komfort ud fra DS/EN/CR 1752 er gennemgået i afsnit 9.1 og 9.2. Krav til dagslysfaktoren i centrale rum i huset gennemgås i afsnit 9.3 og tager udgangspunkt i BR08. Krav til det akustiske indeklimate tager udgangspunkt i DS490, Lydklassifikation af boliger og gennemgås i afsnit 9.4.

### 9.1 Termisk indeklimate

For at kunne opstille et krav til det termiske indeklimate, skal et aktivitetsniveau i huset antages. Her er der brugt 1,2 met, hvilket svarer til stillesiddende aktivitet. Der opstilles i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** temperaturintervaller for både kategori A, B og C. Kategori A svarer til et forventet antal utilfredse med de termiske omgivelser på <6%, kategori B svarer til <10% utilfredse og kategori C svarer til <15% utilfredse. [CR1752]

Aktivitetsniveau [met]			1,2		
Kategori			A	B	C
Operativ temperatur	[°C]	Sommer	24,5 ± 1,0	24,5 ± 1,5	24,5 ± 2,5
		Vinter	22,0 ± 1,0	22,0 ± 2,0	22,0 ± 3,0
Maksimal middellufthastighed	[m/s]	Sommer	0,18	0,22	0,25
		Vinter	0,15	0,18	0,21

**Tabel 9.1. Krav til temperatur og middellufthastigheder for hhv kategori A, B og C. [CR1752]**

Som det ses i Tabel 9.1 er der også krav til middellufthastigheden for hver enkelt kategori, men dette vil ikke blive målt og vurderet i dette projekt.

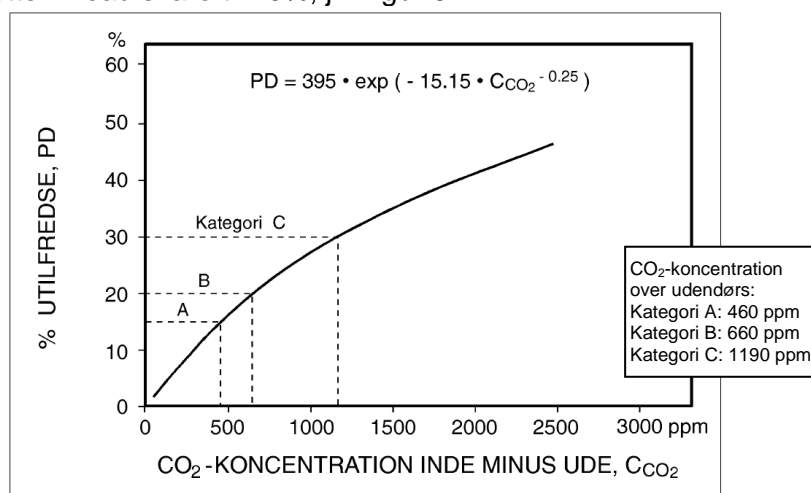
### 9.2 Atmosfærisk indeklimate

Som indikator for luftkvaliteten i huset vurderes både CO<sub>2</sub>-niveauet i huset samt den relative luftfugtighed. Dog er bidrag fra fx menneskelige bioeffluenter samt afgang af materialer også noget der spiller ind på vores vurdering af luftkvaliteten i et rum. Dette er dog ikke målbart på samme måde, som ovenstående parametre, men vurderes i stedet bl.a. via vores lugtesans. Fælles for alle påvirkningerne af det atmosfæriske indeklimate er, at antallet af utilfredse reduceres når ventilationsmængden forøges, men en forøget ventilationsmængde resulterer samtidig i et forøget energiforbrug, så det er her vigtigt at finde en balance.

#### 9.2.1 Vurdering af CO<sub>2</sub>-niveau

Ved vurdering af CO<sub>2</sub>-niveauet i huset sammenholdes niveauet med kategori B fra CR1752. Dette svarer til en CO<sub>2</sub>-koncentration, der maksimalt er 660 ppm over koncentrationen udendørs, som fastsættes til 370 ppm. Dvs at CO<sub>2</sub>-niveauet indendørs skal være mindre end 1030 ppm

for at opfylde kategori B. Antallet af utilfredse med den oplevede luftkvalitet vil med dette niveau svare til 20%, jf. Figur 9.1.



**Figur 9.1. Oplevet luftkvalitet som funktion af CO<sub>2</sub>-koncentrationen indendørs minus udendørs. [CR1752]**

### 9.2.2 Vurdering af relativ luftfugtighed

Ved vurdering af den relative luftfugtighed (RF) anbefales det i CR1752, at RF holdes mellem 30% og 70%.

Den nedre grænse på de 30% bør overholdes, da der ellers vil opstå gener i form af tør luft, statisk elektricitet og udtørrede slimhinder. Den øvre grænse på 70% bør overholdes for at undgå problemer med fugt og skimmel i boligen, som efterfølgende kan medføre allergi samt dårlig lugt. I [SBI224] angives desuden en kritisk grænse på RF>75%, hvor risiko for problemer i konstruktionerne kan opstå.



Den sidste grænse, som bliver vurderet i dette projekt, er en RF<45%. Det anbefales i [SBI196] at dette kan overholdes i minimum en måned om året, da støvmider dør, når den relative luftfugtighed kommer under 45%.

### 9.3 Dagslys

Ved vurdering af dagslysforhold i husene tages der udgangspunkt i kravene fra bygningsreglement 2008 [BR08]. Her står bl.a. i "afsnit 6.5.1. Generelt":

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum, beboelsesrum og fælles adgangsveje skal have tilfredsstillende lys, uden at det medfører unødvendig varmebelastning.	<b>(6.5.1, STK. 1)</b> Tilfredsstillende lys skal vurderes i sammenhæng med de aktiviteter og arbejdsopgaver, som planlægges i rummet.  Kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset. Mængden af dagslys har endvidere indflydelse på behovet for kunstig belysning.

Og slås der op under *dagslys* i afsnit 6.5.2 findes følgende bestemmelse og vejledning:

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Arbejdsrum, opholdsrum i institutioner, undervisningslokaler, spiserum samt beboelsesrum skal have en sådan tilgang af dagslys, at rummene er vel belyste. Vinduer skal udføres, placeres og eventuelt afskærmes, så solindfald gennem dem ikke medfører overophedning i rummene, og så gener ved direkte solstråling kan undgås.	<b>(6.5.2, STK. 1)</b> I arbejdsrum kan dagslyset i almindelighed anses for at være tilstrækkeligt, når rudearealet ved sidelys svarer til mindst 10 pct. af gulvarealet eller ved ovenlys mindst 7 pct. af gulvareal, forudsat at ruderne har en lystransmittans på mindst 0,75. De 10 pct. og 7 pct. er vejledende ved normal placering af bygningen samt normal udformning og indretning af lokalerne. Såfremt vinduestypen er ukendt på projekteringsstidspunktet, kan omregning fra karmlysningsareal til rudeareal ske ved at multiplicere karmlysningsarealet med faktoren 0,7. Rudearealet skal forøges forholdsmæssigt ved reduceret lysgennemgang (fx solafskærmende ruder) eller formindsket lysadgang til vinduerne (fx ved tætliggende bygninger). Dagslyset kan ligeledes anses for at være tilstrækkeligt, når det ved beregning eller måling kan eftervises, at der er en dagslysfaktor på 2 pct. ved arbejdspladserne. Ved bestemmelse af dagslysfaktoren tages der hensyn til de faktiske forhold, herunder udformningen af vinduesudformning, rudens lystransmittans samt rummets og omgivelsernes karakter. Der henvises til By og Byg Anvisning 203: Beregning af dagslys i bygninger samt SBI-anvisning 219: Dagslys i rum og bygninger, 2007.

Ved vurdering af resultaterne fundet i dette projekt vil en dagslysfaktor på 2% også blive brugt som en minimumsgrænse for dagslysfaktoren, men hvis forholdene skal vurderes som gode dagslysforhold, bør dette kunne opnås hele vejen ind gennem rummet og altså ikke kun i områder, der kan betragtes som arbejdspladser. På denne måde vil dybden af rummet også kunne medtages i vurderingen, da dybe rum bør have større eller højere placerede vinduesarealer end smalle rum.

#### 9.4 Akustisk indeklima

Ved vurdering af målinger af støj fra ventilationsanlægget og efterklangstider i husene er der taget udgangspunkt i *DS490, Lydklassifikation af boliger*, da der i BR08 henvises til et funktionskrav heri, som er opfyldt ved opnåelse af klasse C.

Følgende uddrag fra BR08 er taget fra kapitel 6.4 *Akustisk indeklima* afsnit 6.4.2 *Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning*.

Bestemmelse	Vejledning
<b>STK. 1</b> Boliger og lignende bygninger benyttet til overnatning og deres installationer skal udformes, så de, som opholder sig i bygningerne, ikke generes af lyd fra rum i tilgrænsende bolig- og erhvervsenheder, fra bygningens installationer samt fra nærliggende veje og jernbaner.	<b>(6.4.2, STK. 1 - STK. 4)</b> Boliger omfatter i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, klublejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem, døgninstitutioner og lignende bygninger, der benyttes til overnatning.  Som fællesrum forstås fx fælles opholdsrum for flere boliger, trapperum eller gange.  Funktionskravet for boliger anses for opfyldt, når de udføres som klasse C i DS 490, Lydklassifikation af boliger.

I udbudsmaterialet brugt til Komforthusene blev følgende krav til akustikken i huset sat:

**Lydkrav**

Der skal tages hensyn til bygningens lydmæssige formåen i projektet, så huset fremstår som et komfortabelt hus at leve i efterfølgende. Her skal specielt tages hensyn til de interne lydproblematikker, såsom efterklangstid.

Ved alle konstruktionssamlinger, installationer og gennemføringen skal husets lydmæssige formåen sikres.

Ses der på definitionerne af hhv klasse B og klasse C i DS 490 findes følgende formuleringer: [DS490]

**4.2**

**Lydklasse B**

Lydklasse med tydeligt bedre lydforhold end byggelovgivningens minimumkrav for boliger. Beboere bliver kun i begrænset omfang forstyrret af lyd eller støj.

**4.3**

**Lydklasse C**

Lydklasse svarende til intentionerne i byggelovgivningens minimumkrav. Op til mellem 15 % og 20 % af beboerne kan forventes at blive forstyrret af lyd eller støj.

Ved sammenholdelse af kravene i udbudsmaterialet og definitionerne af klasse B og C, vælges det i måleprojektet at stille et krav om opnåelse af niveau B.

**9.4.1 Krav til støj fra tekniske installationer**

Ved vurdering af støj fra tekniske installationer, som i alle Komforthusene vil være støj fra ventilationsanlæg/kompaktaggregater, kompressorer, pumper mm, gælder følgende: [DS490]

Grænseværdier for støj fra tekniske installationer gælder for den enkelte installation og er relateret til umøblerede rum med lukkede vinduer og døre. Hvis målingerne foretages under andre rumforhold, foretages korrektioner i overensstemmelse med [1] i bibliografien.

I tilfælde af lavfrekvent støj bør det A-vægtede lydtrykniveau i det lavfrekvente område,  $L_{pA,LF}$ , ikke overstige 25 dB om dagen (kl. 07-18) eller 20 dB aften og nat (kl. 18-07). I lydklasse A og B bør overholdes grænseværdier, der er 5 dB lavere. Grænseværdier for lavfrekvent støj er relateret til en særlig målemetode, se [4] i bibliografien.

Kravene til maksimale grænseværdier for støj fra tekniske installationer er angivet i Tabel 9.2.

Rumtype	Målestørrelse	Klasse A i dB	Klasse B i dB	Klasse C i dB	Klasse D i dB
I beboelsesrum og køkkener samt i fælles opholdsrum	$L_{Aeq,T}$	20	25	30	35

**Tabel 9.2. Støj fra tekniske installationer. Grænseværdier angivet som højeste værdier for A-vægtet, ækvivalent lydtrykniveau. [DS490]**

**9.4.2 Krav til efterklangstider**

Kravene til efterklangstider i DS 490 er angivet i Tabel 9.3. Ved vurdering af resultaterne benyttes kravene til "fælles opholdrum".

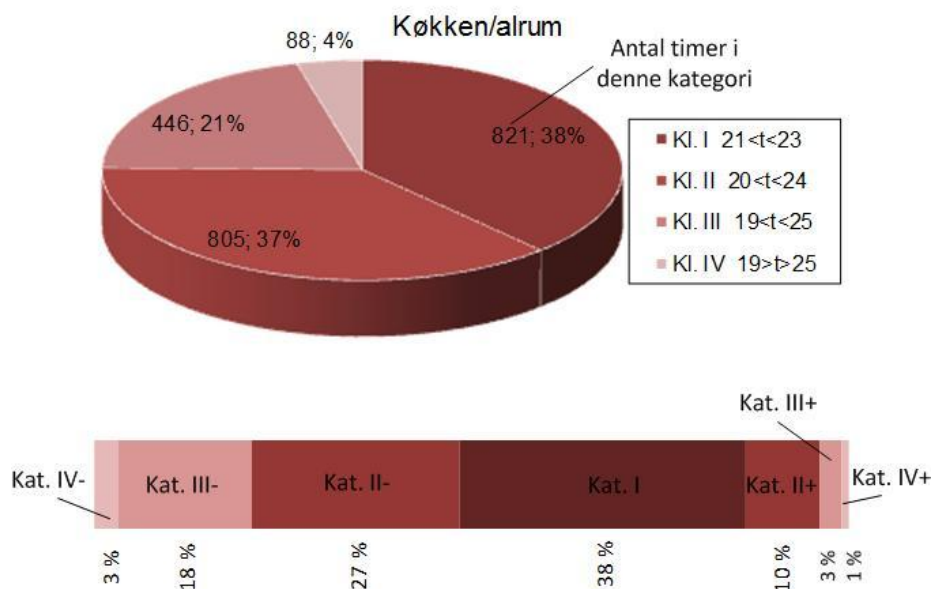
Rumtype	Klasse A $T_{is}$	Klasse B $T_{is}$	Klasse C $T_{is}$	Klasse D $T_{is}$
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	1,0	1,0	1,3	1,3
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold, ved 500 Hz, 1000 Hz og 2000 Hz	0,9	0,9	0,9	0,9
Fælles opholdsrum, ved 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz	0,6	0,6	0,6	Ingen krav
NOTE – I fælles opholdsrum er grænseværdien 0,9 s ved 125 Hz				

**Tabel 9.3. Krav til efterklangstid. Grænseværdier angivet som højeste værdier i hvert oktavbånd. [DS490]**



## 10. Bilag B – Termisk indeklima

Dette bilag indeholder diagrammer for temperaturfordelingen i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. For overskuelighedens skyld er enkelte signaturer i graferne udeladt. Opbygningen af grafer og diagrammer fremgår af eksemplet i Figur 10.1.



Figur 10.1: Signaturforklaring til diagrammer

Det øverste diagram angiver fordelingen af henholdsvis timer og % på kategori I, II og III. Kategori IV angiver tid udenfor de øvrige kategorier. Når det i projektet angives, at kategori II skal overholdes omfatter tid i kategori II både andelen af timer i andelen kaldet kategori II og kategori I.

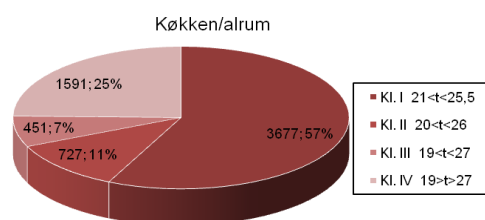
Det nederste diagram angiver hvorvidt rummet ligger i den lave eller høje ende af skalaen. Kat II- angiver fx hvor stor en del af tiden, at temperaturen ligger mellem 20°C og 21°C – dvs forskellen fra den nederste grænse i kategori I til den nederste grænse i kategori II. På tilsvarende måde angiver kategori II+ tiden, der ligger mellem 23°C og 24°C.

### 10.1 Generel situation hele året

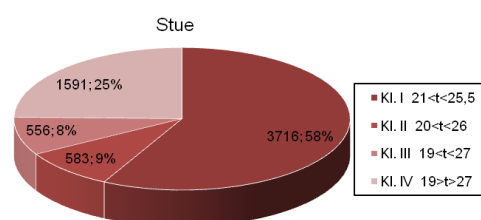
Ved vurdering af temperaturer på årsniveau er komfortskalaen for både sommer og vintersituation slået sammen således, at kategori II i denne vurdering omfatter alle temperaturer mellem 20°C og 26°C.



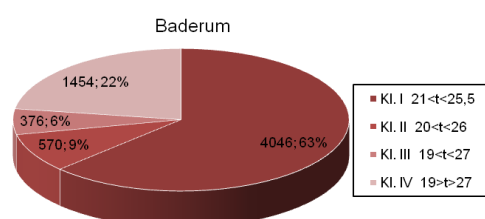
2009



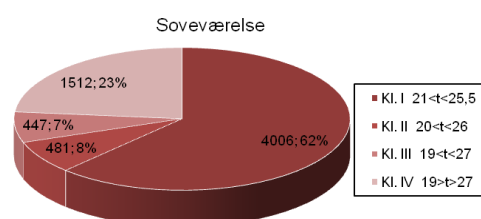
Figur 10.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



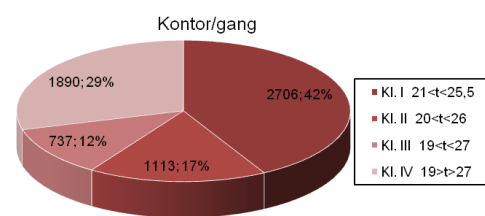
Figur 10.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 10.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

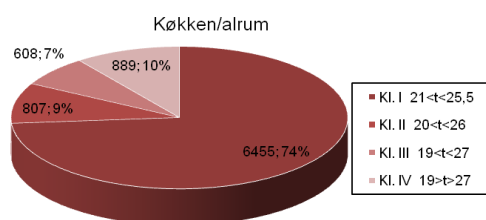


Figur 10.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

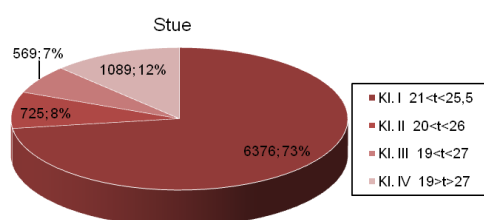


Figur 10.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2009.

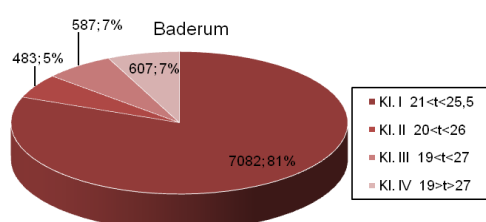
2010



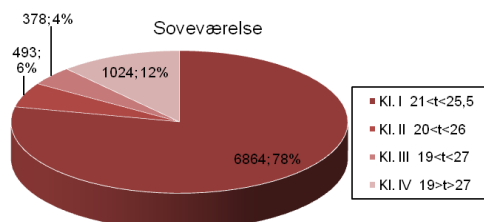
Figur 10.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



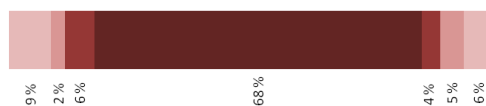
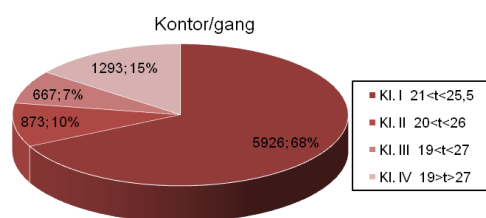
Figur 10.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



Figur 10.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

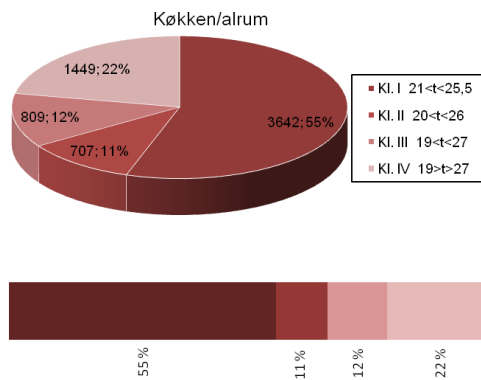


Figur 10.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

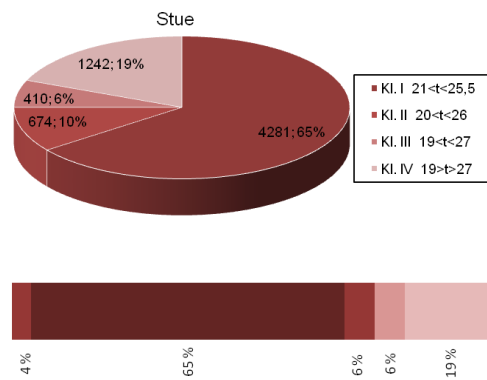


Figur 10.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2010.

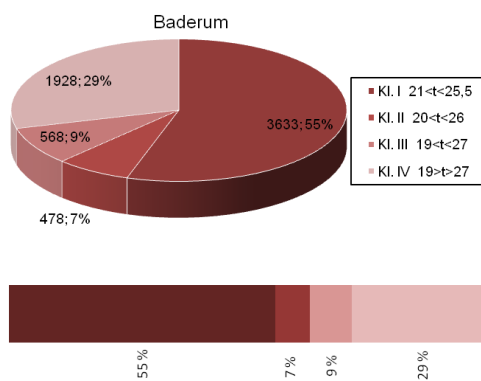
2011



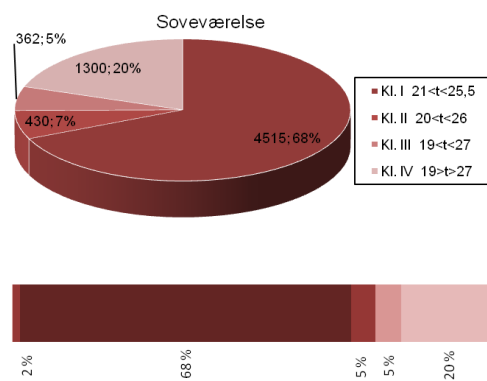
Figur 10.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



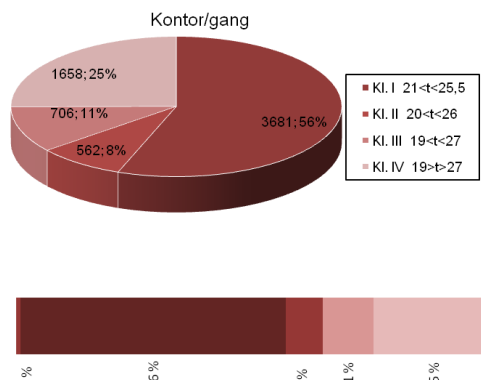
Figur 10.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 10.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



Figur 10.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

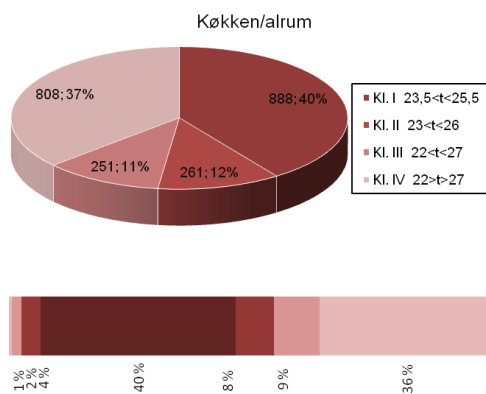


Figur 10.16: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2011.

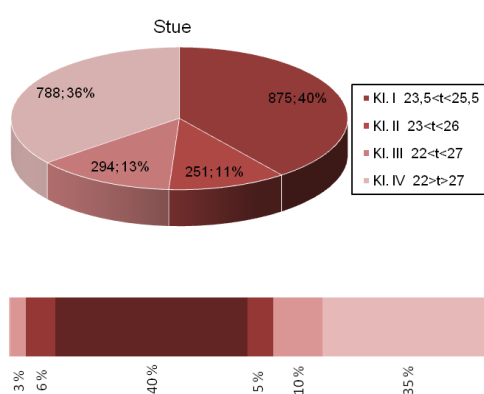
## 10.2 Sommersituation

Sommersituationen er defineret som juni, juli og august måned. Sommerbeklædning er altid benyttet ved vurderingen af det termiske indeklima for denne årstid.

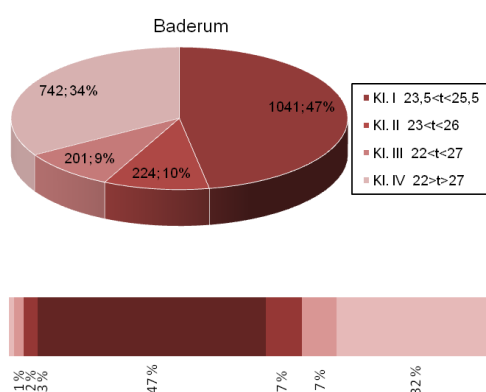
2009



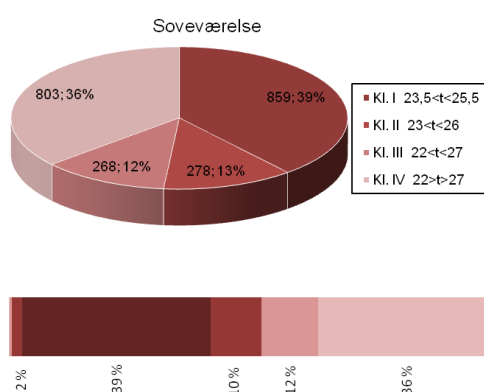
Figur 10.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



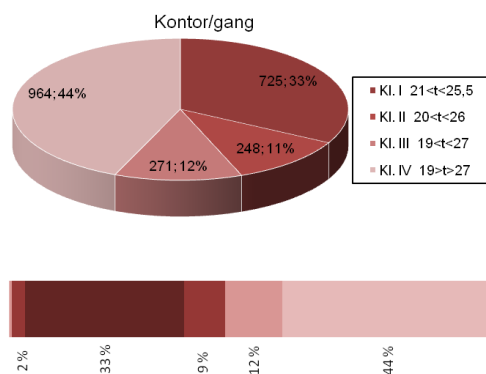
Figur 10.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 10.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

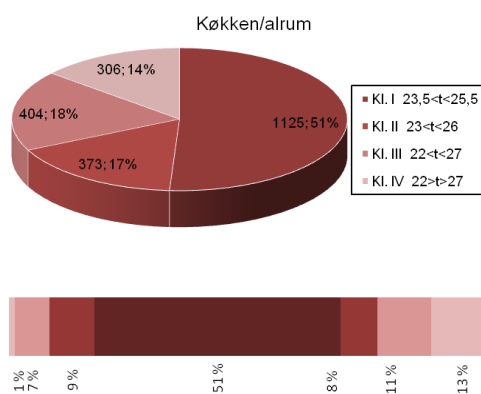


Figur 10.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

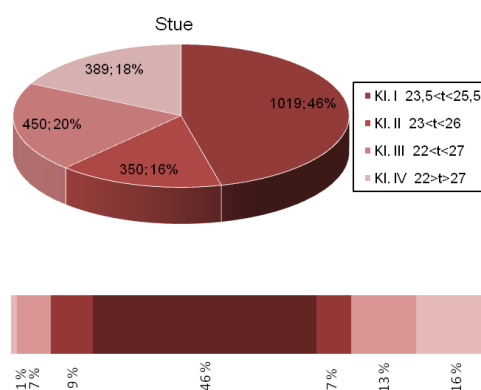


Figur 10.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2009.

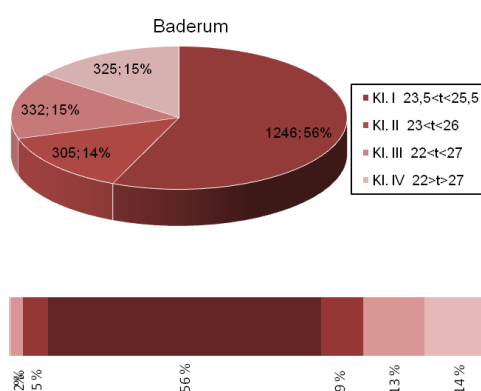
2010



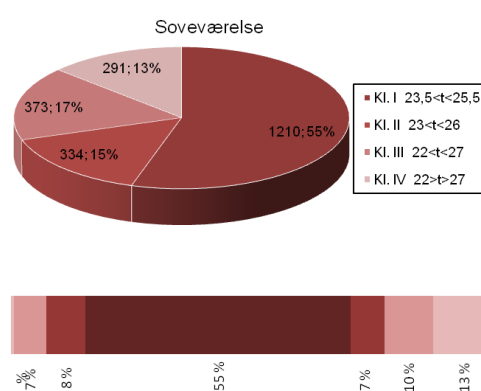
Figur 10.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



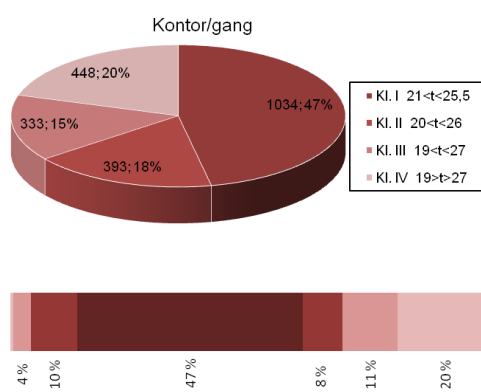
Figur 10.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.



Figur 10.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

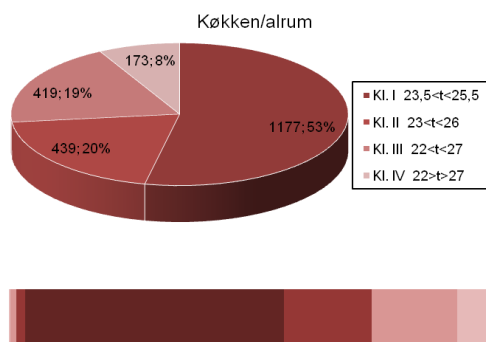


Figur 10.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

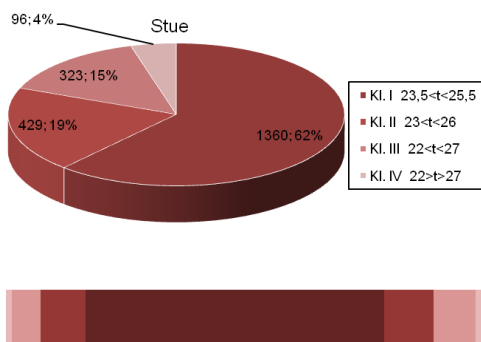


Figur 10.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2010.

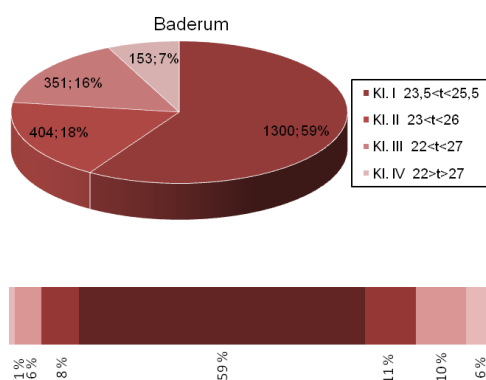
2011



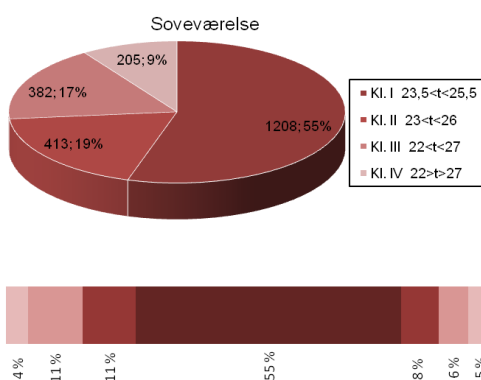
Figur 10.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



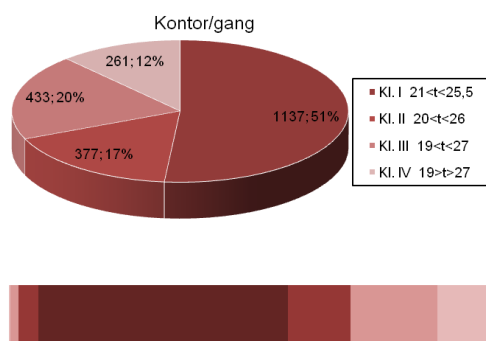
Figur 10.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 10.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



Figur 10.30: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



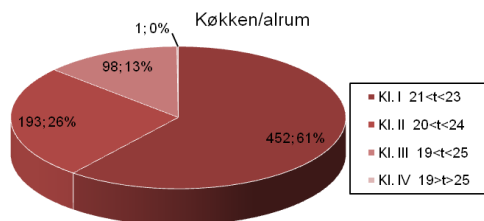
Figur 10.31: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2011.

### 10.3 Vintersituation

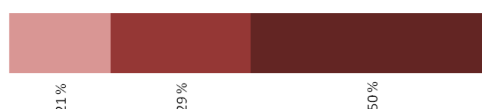
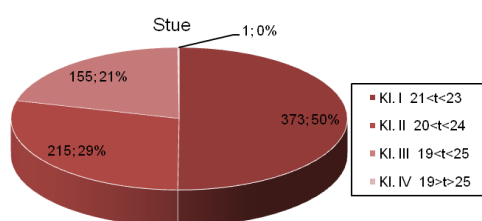
Vintersituationen er defineret som værende januar, februar og december. Til vurdering af den termiske komfort er vinterbeklædning altid benyttet til denne årstid.

#### 2009

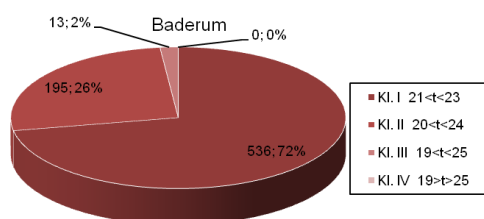
Da vintersituationen er defineret til at være januar, februar og december og der ikke er målinger fra januar og februar vil undersøgelsen af vinterscenariet for 2009 kun indeholde data fra december.



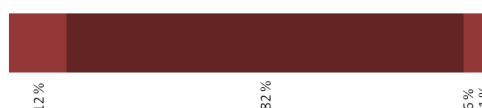
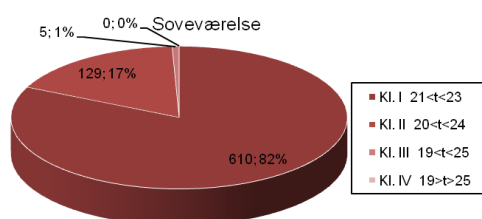
Figur 10.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



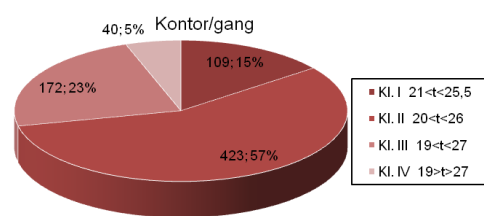
Figur 10.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 10.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

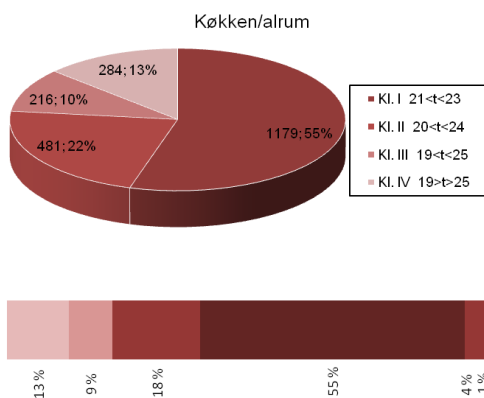


Figur 10.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

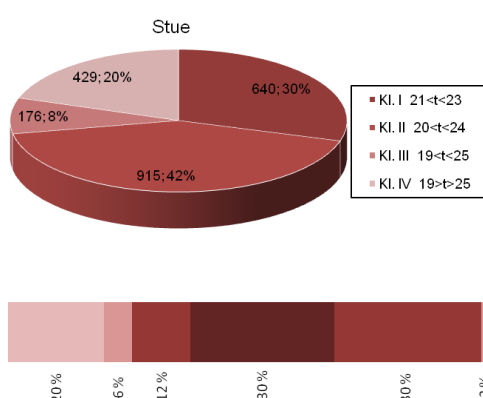


Figur 10.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2009.

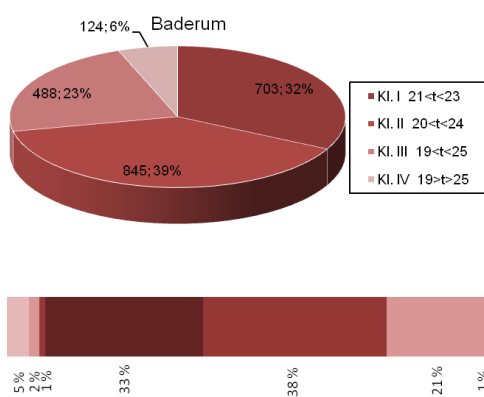
2010



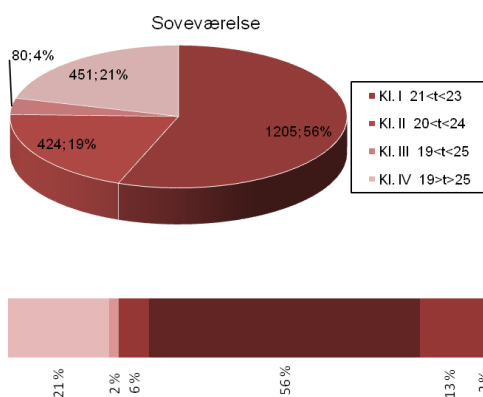
Figur 10.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



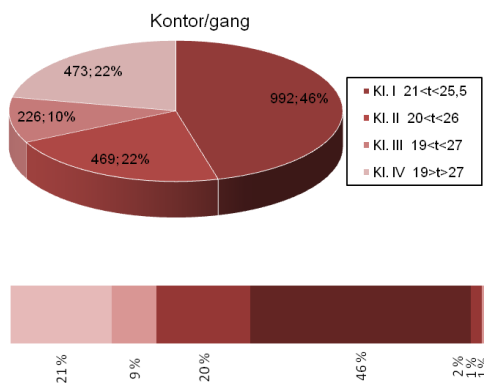
Figur 10.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 10.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.



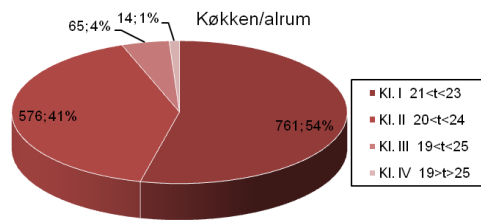
Figur 10.40: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.



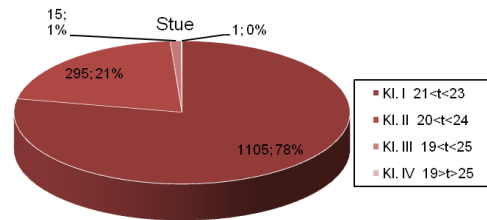
Figur 10.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2010.



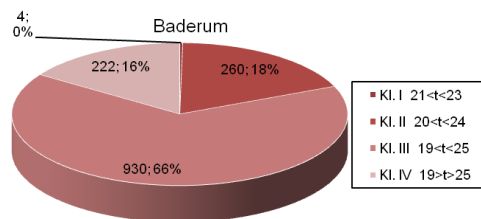
2011



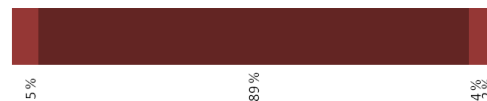
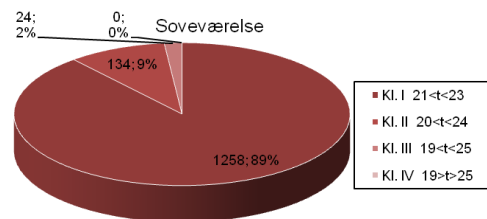
Figur 10.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



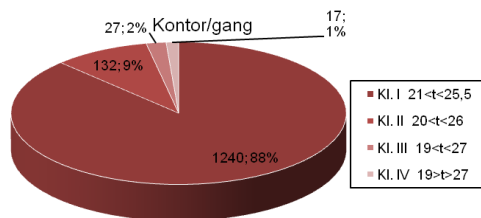
Figur 10.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 10.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



Figur 10.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

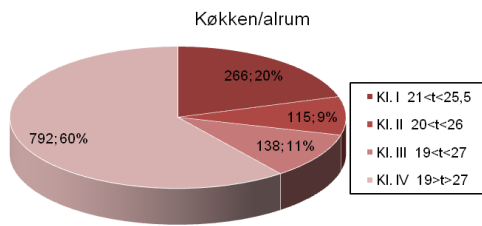


Figur 10.46: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2011.

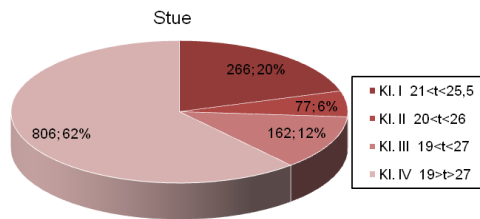
## 10.4 Forårssituation

Forår er defineret som marts, april og maj. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

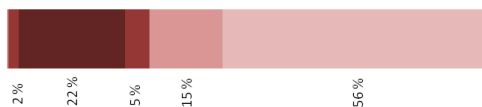
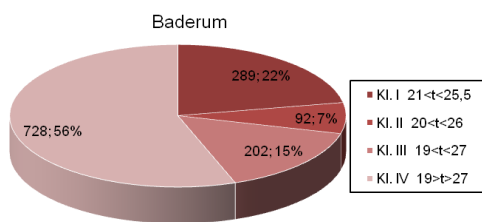
2009



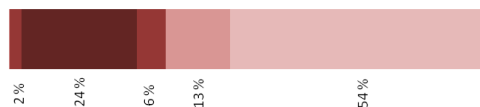
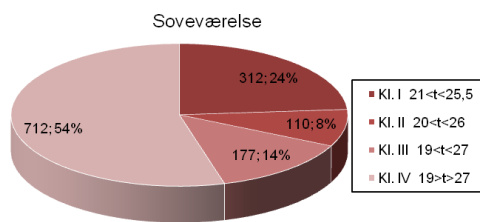
Figur 10.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



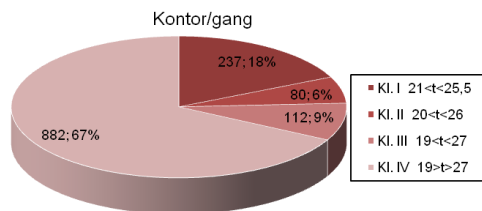
Figur 10.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 10.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

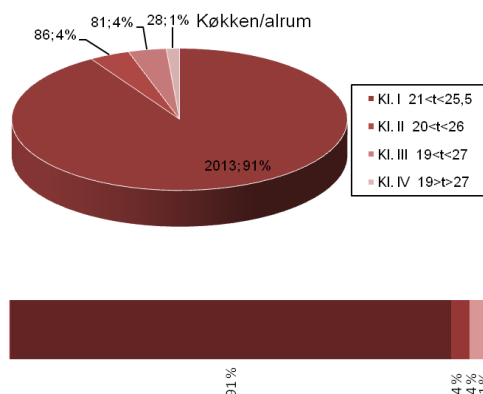


Figur 10.50: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

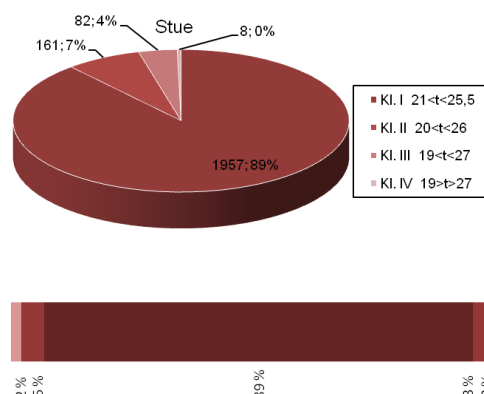


Figur 10.51: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2009.

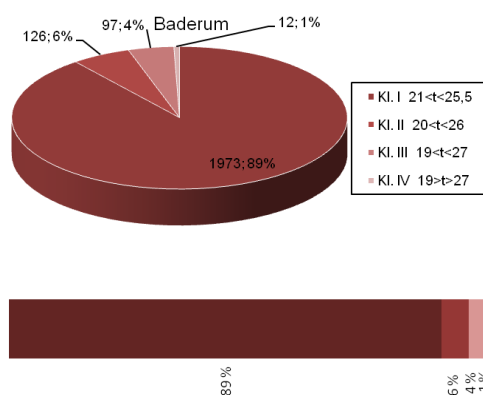
2010



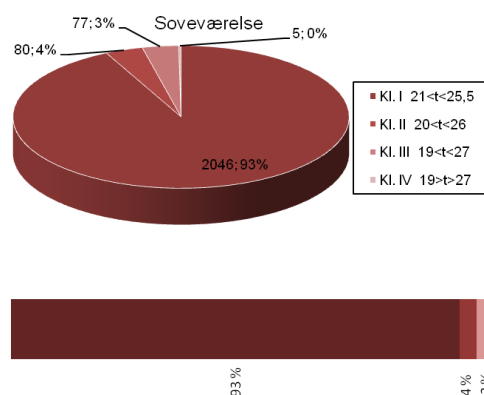
Figur 10.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



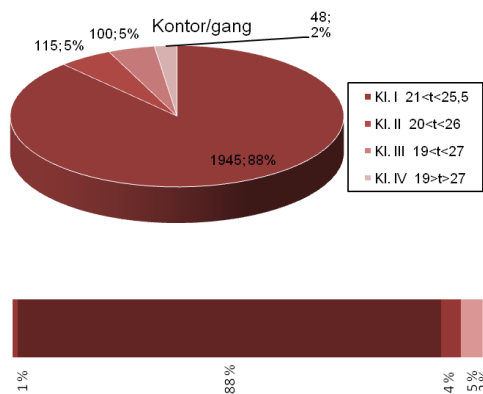
Figur 10.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 10.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

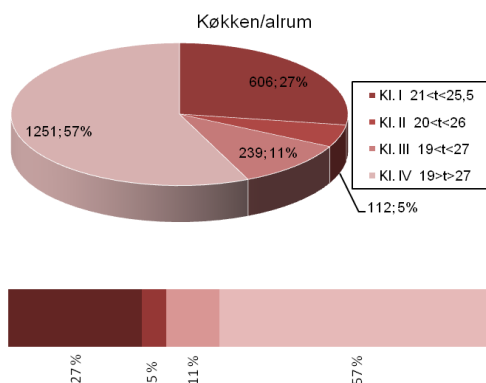


Figur 10.55: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

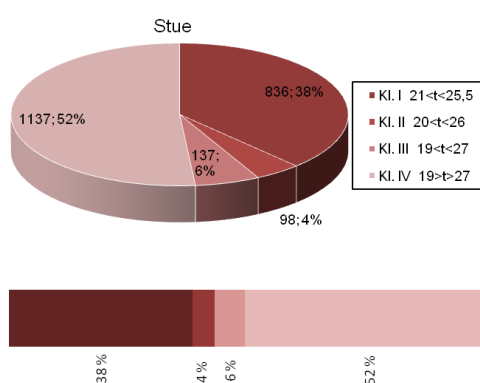


Figur 10.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2010.

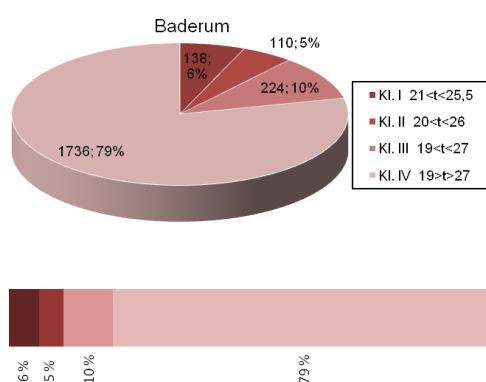
2011



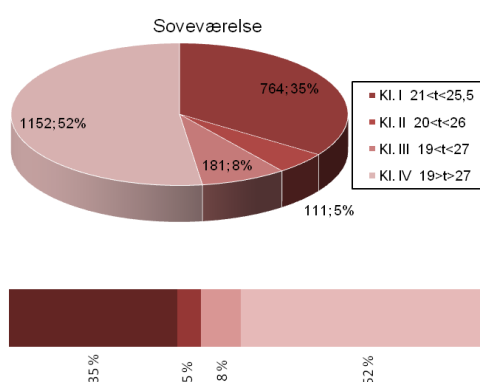
Figur 10.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



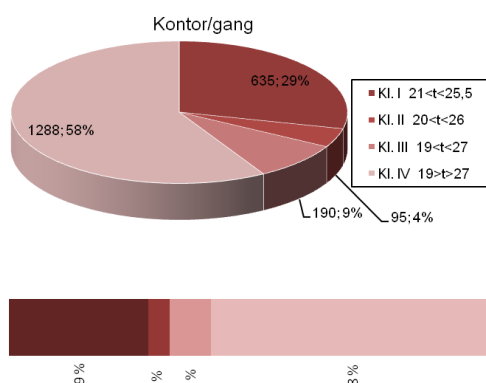
Figur 10.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 10.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.60: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

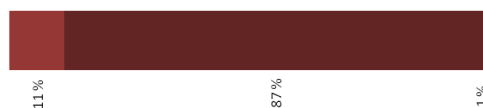
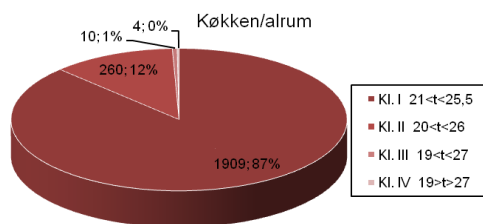


Figur 10.61: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2011.

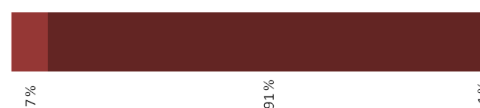
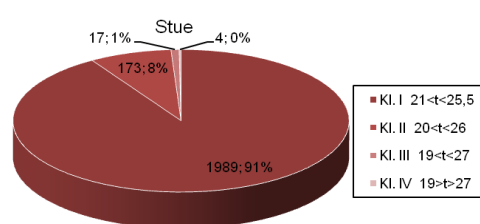
## 10.5 Efterårssituation

Denne periode er defineret som september, oktober og november. For denne årstid er både sommer- og vinterbeklædning medtaget i undersøgelsen, hvilket gør, at komfortintervallet for denne undersøgelse udvides.

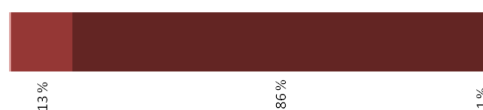
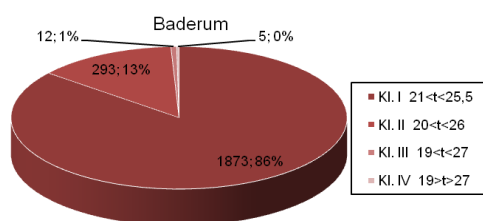
2009



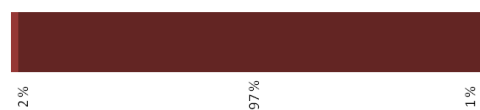
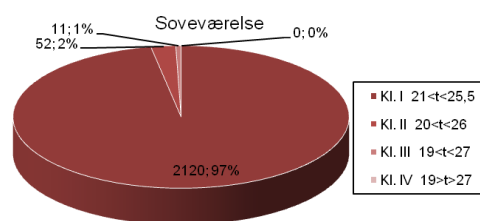
Figur 10.62: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



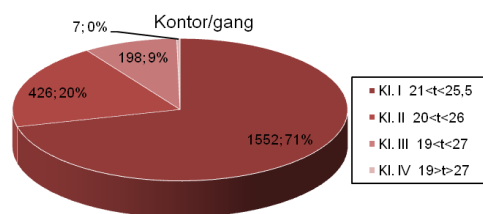
Figur 10.63: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 10.64: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

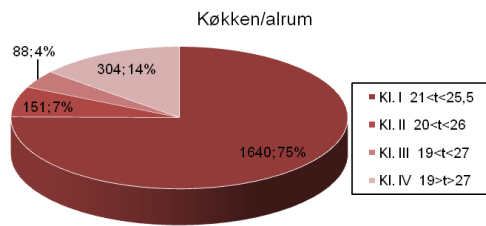


Figur 10.65: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

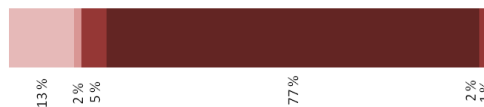
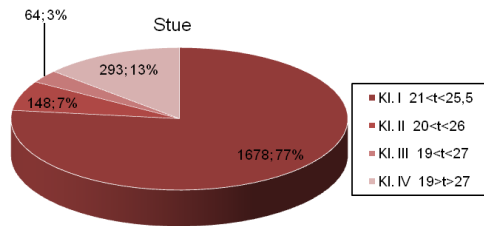


Figur 10.66: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2009.

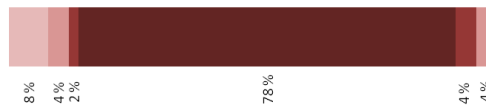
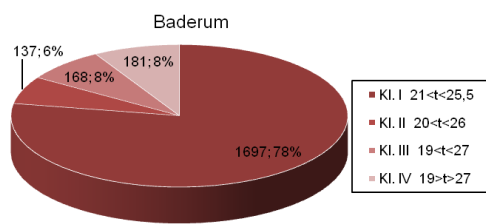
2010



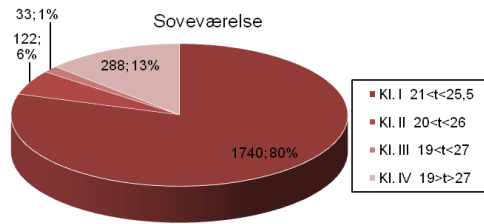
Figur 10.67: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



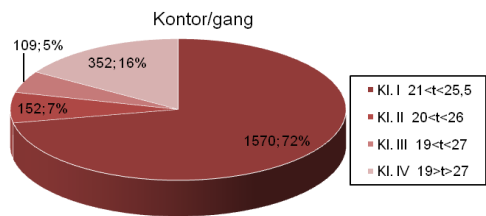
Figur 10.68: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.



Figur 10.69: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

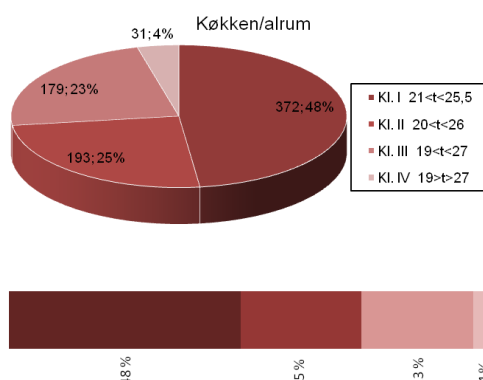


Figur 10.70: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

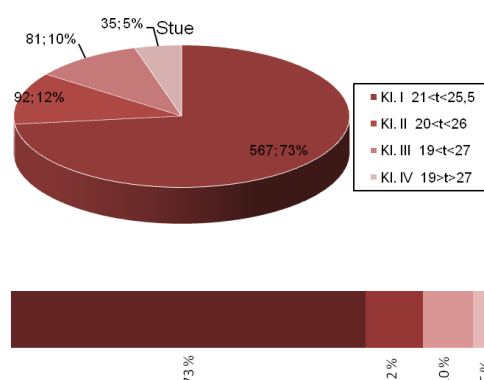


Figur 10.71: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2010.

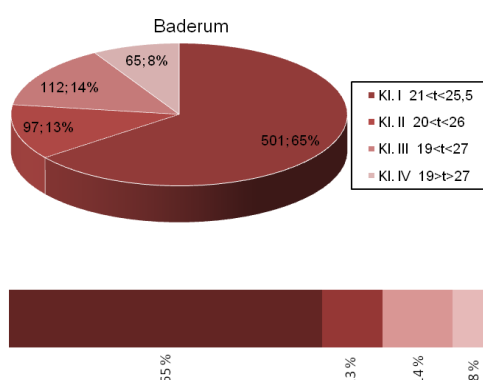
2011



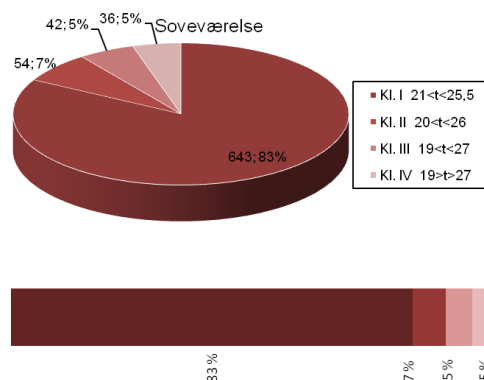
Figur 10.72: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



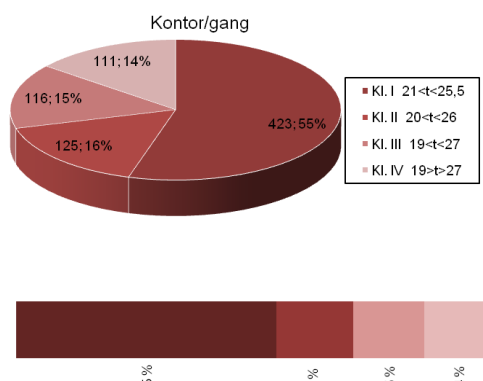
Figur 10.73: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 10.74: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 10.75: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.



Figur 10.76: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2011.

## 11. Bilag C – Atmosfærisk indeklima (luftkvalitet)

Dette bilag indeholder diagrammer for CO<sub>2</sub>-niveauet i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.1.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

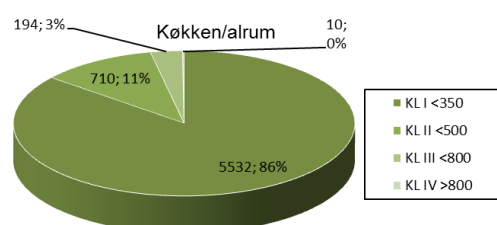
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 11.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

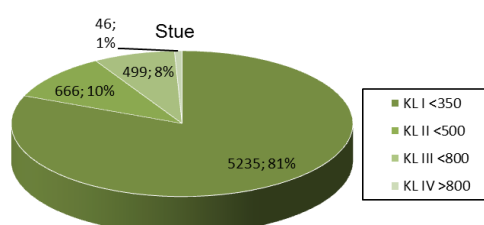
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 11.1.1 Generel situation hele året

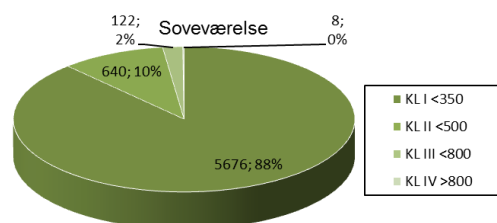
2009



Figur 11.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

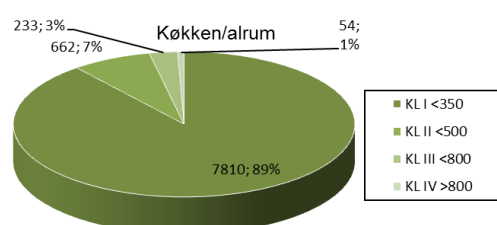


Figur 11.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

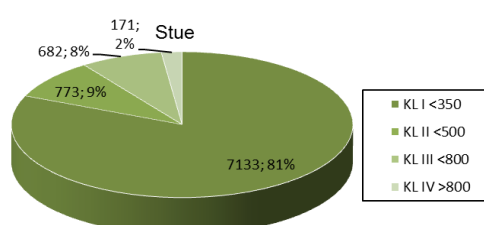


Figur 11.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

2010

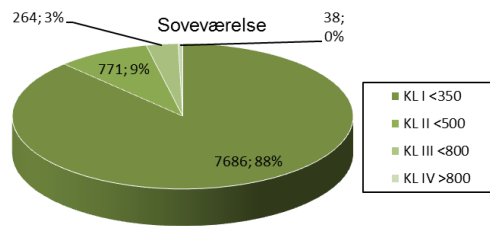


Figur 11.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



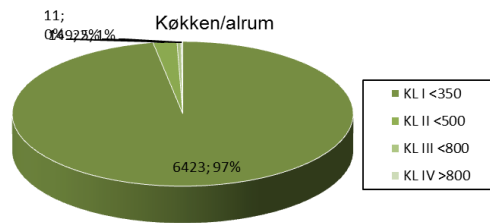
Figur 11.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



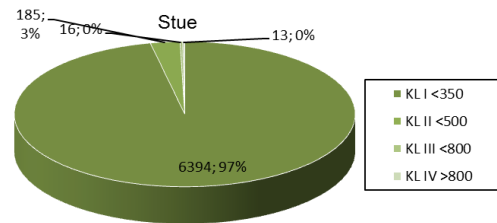


Figur 11.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

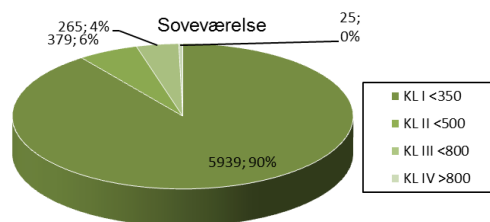
2011



Figur 11.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



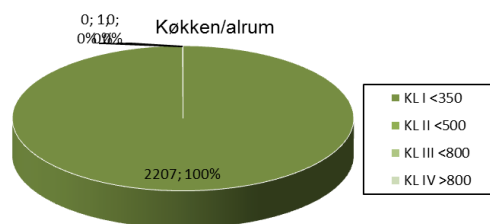
Figur 11.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



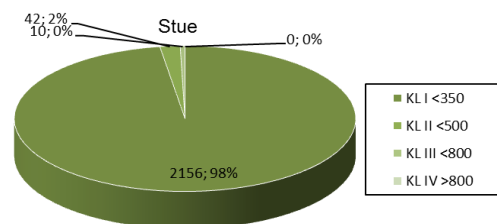
Figur 11.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

### 11.1.2 Sommersituation

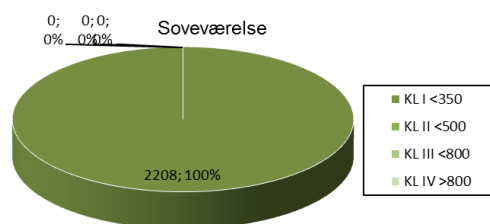
2009



Figur 11.10: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

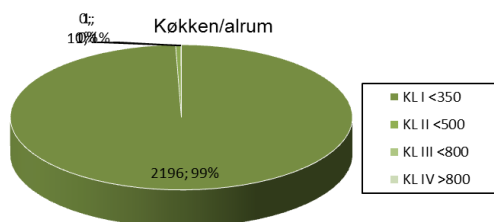


Figur 11.11: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

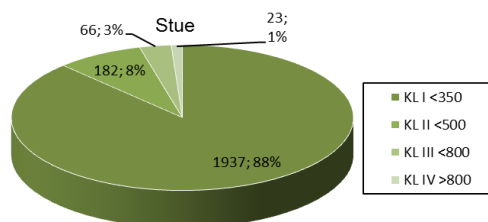


Figur 11.12: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

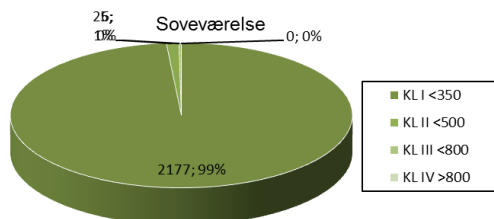
2010



Figur 11.13: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

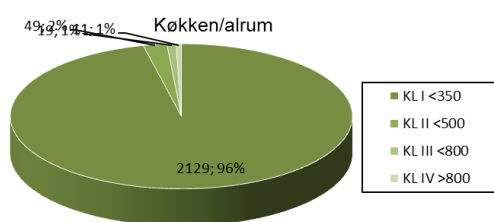


Figur 11.14: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

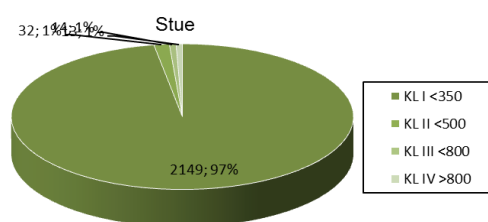


Figur 11.15: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

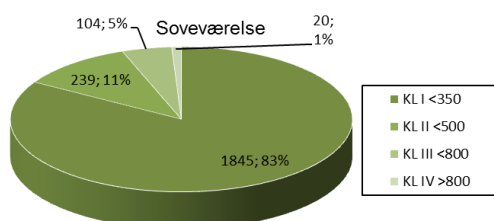
2011



Figur 11.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



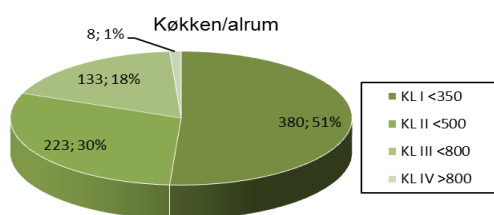
Figur 11.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



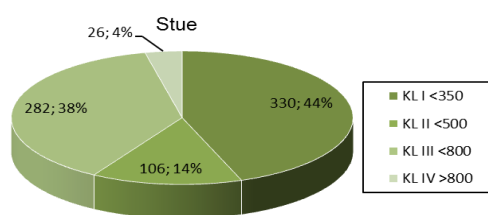
Figur 11.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

### 11.1.3 Vintersituation

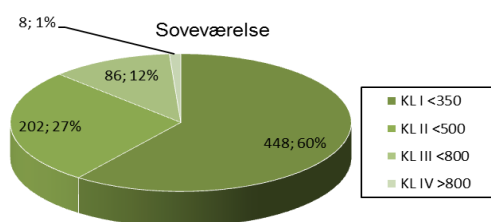
2009



Figur 11.19: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

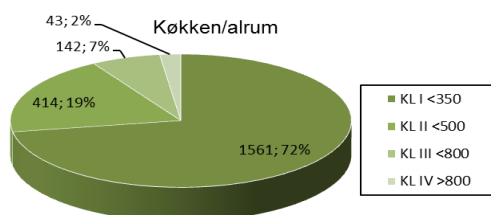


Figur 11.20: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

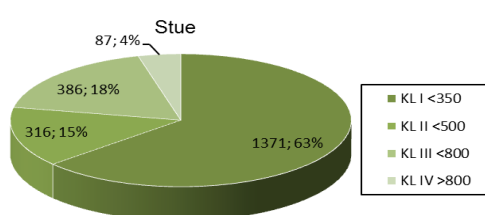


Figur 11.21: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

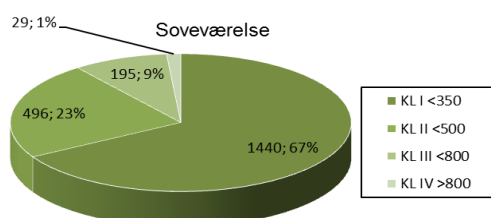
2010



Figur 11.22: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

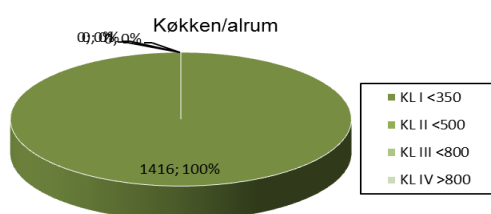


Figur 11.23: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

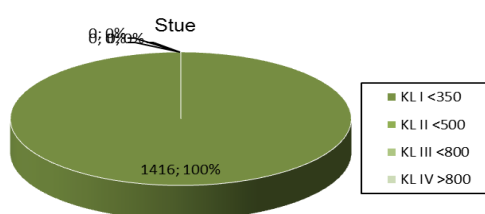


Figur 11.24: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

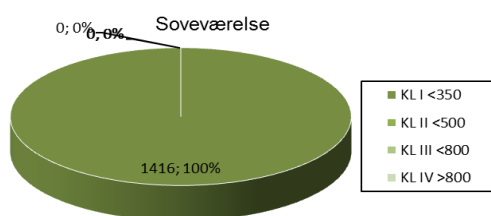
2011



Figur 11.25: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



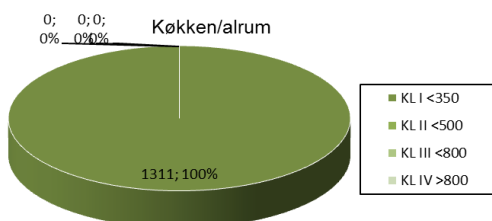
Figur 11.26: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



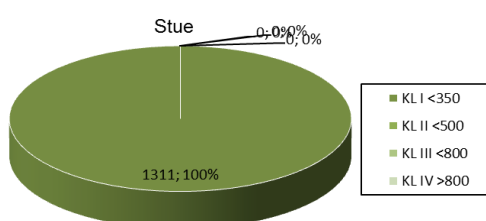
Figur 11.27: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

## 11.1.4 Forårssituation

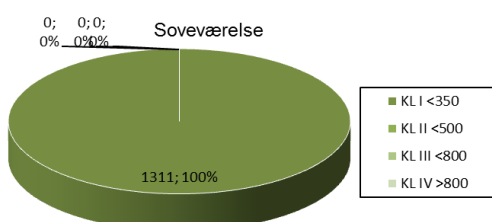
2009



Figur 11.28: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

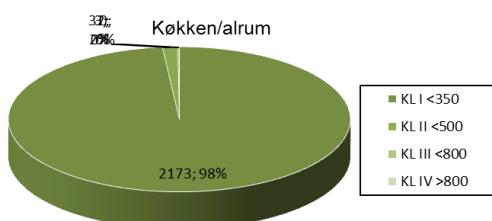


Figur 11.29: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

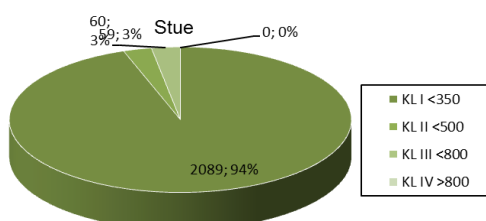


Figur 11.30: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

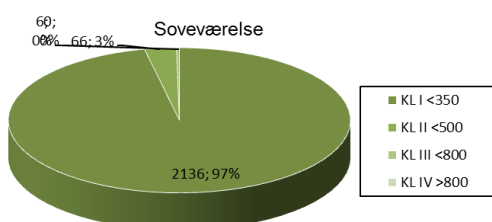
2010



Figur 11.31: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

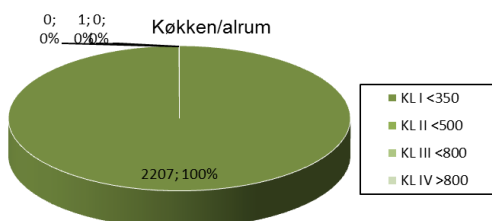


Figur 11.32: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

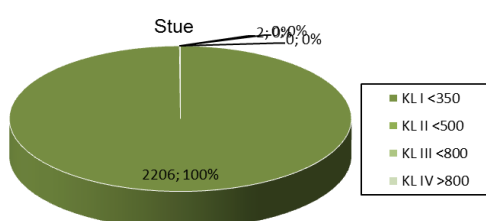


Figur 11.33: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

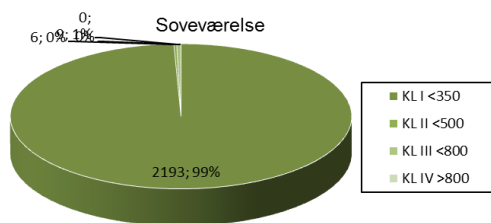
2011



Figur 11.34: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



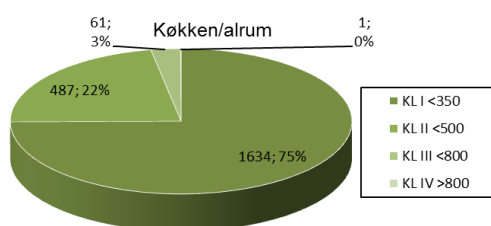
Figur 11.35: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



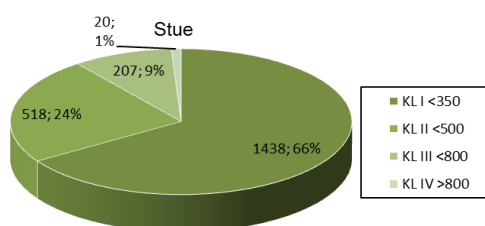
Figur 11.36: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

### 11.1.5 Efterårssituation

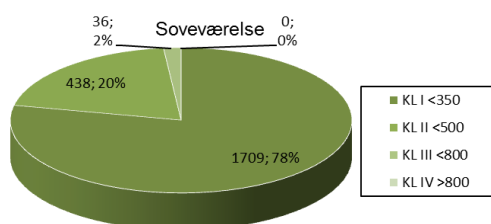
2009



Figur 11.37: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

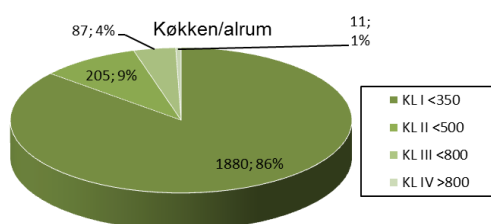


Figur 11.38: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

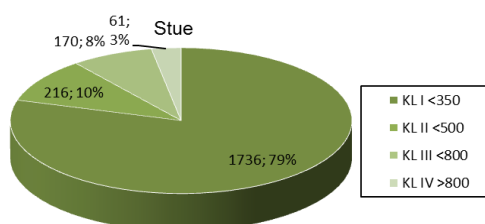


Figur 11.39: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

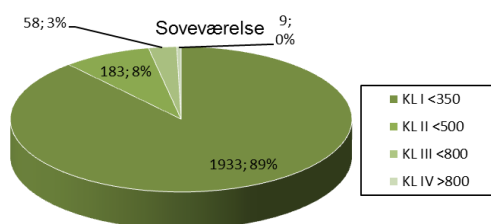
2010



Figur 11.40: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

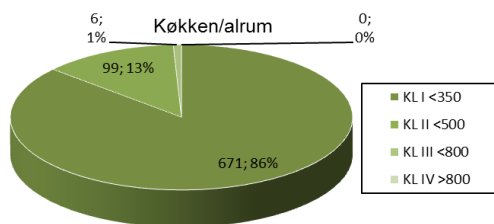


Figur 11.41: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

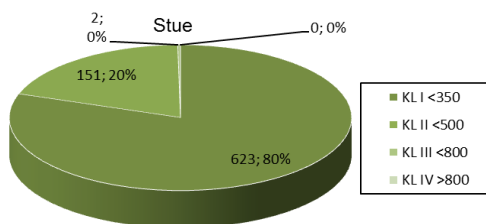


Figur 11.42: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

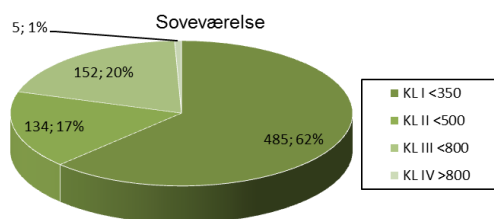
2011



Figur 11.43: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.44: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



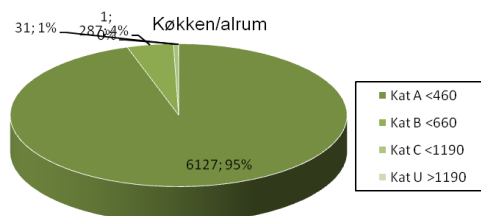
Figur 11.45: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

## 11.2 Cirkeldiagrammer CR1752

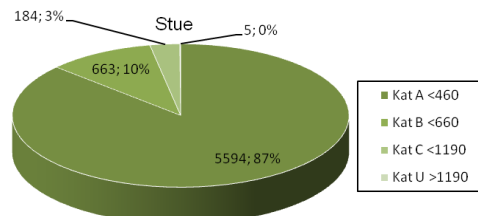
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 11.2.1 Generel situation hele året

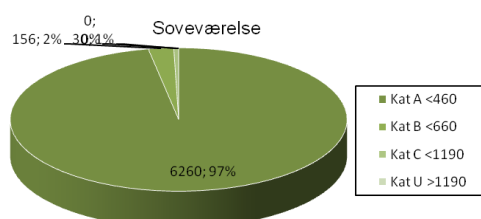
2009



Figur 11.46: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.

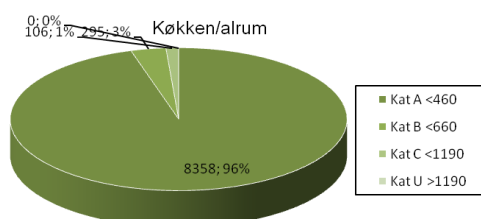


Figur 11.47: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.

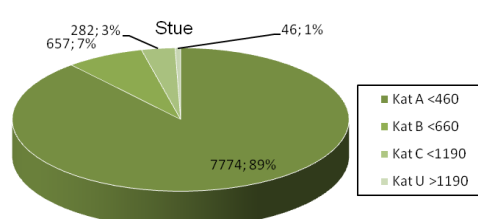


Figur 11.48: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

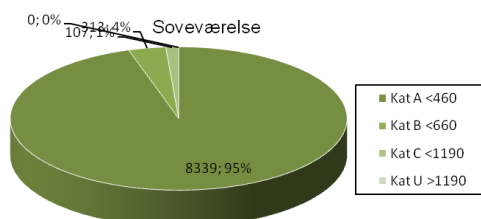
2010



Figur 11.49: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

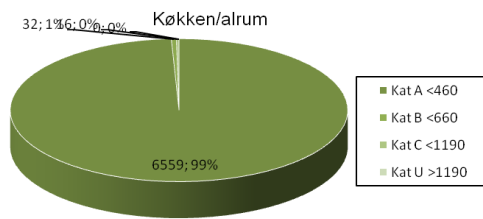


Figur 11.50: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

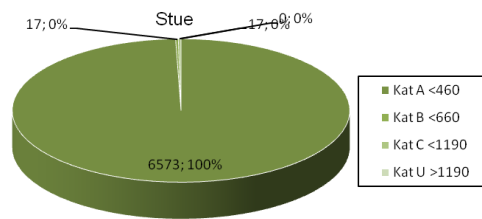


Figur 11.51: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

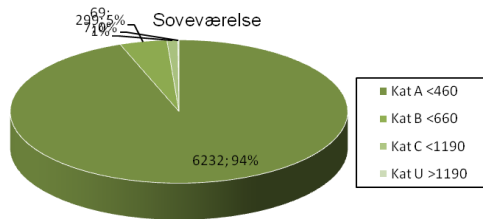
2011



Figur 11.52: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



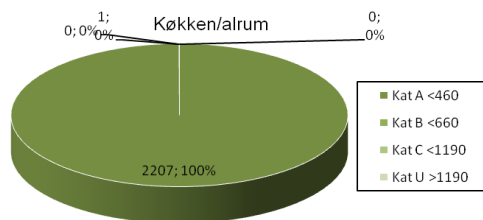
Figur 11.53: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



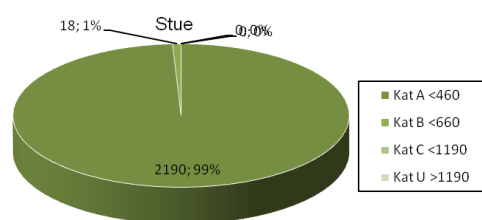
Figur 11.54: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.

## 11.2.2 Sommersituation

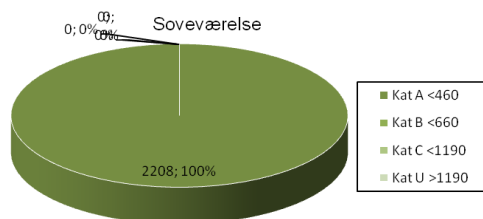
2009



Figur 11.55: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.

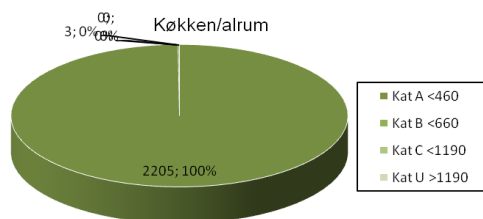


Figur 11.56: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.

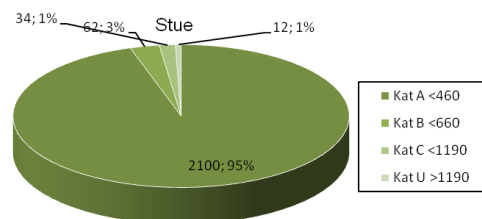


Figur 11.57: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

2010

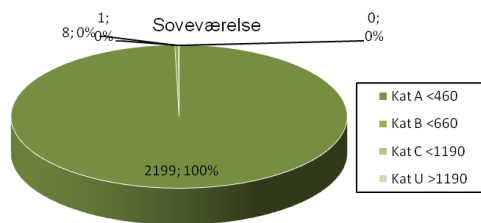


Figur 11.58: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



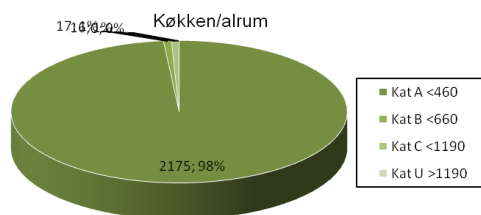
Figur 11.59: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.



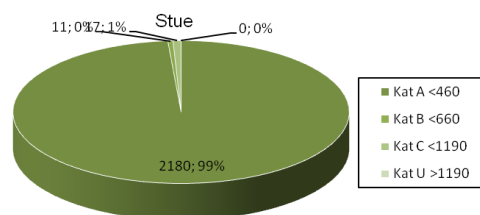


Figur 11.60: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

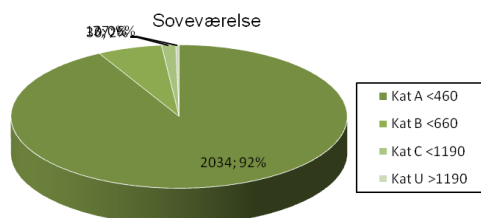
2011



Figur 11.61: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



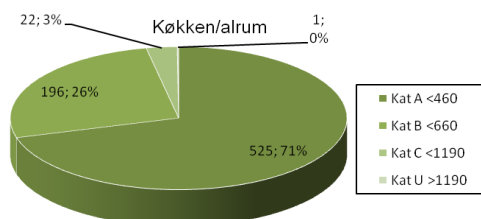
Figur 11.62: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



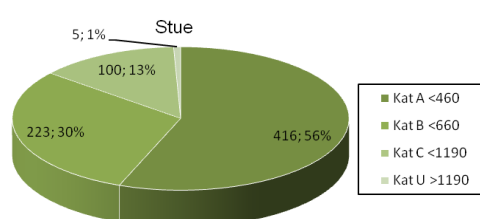
Figur 11.63: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.

### 11.2.3 Vintersituation

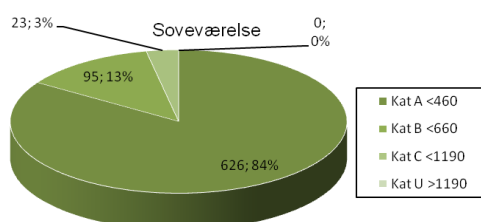
2009



Figur 11.64: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.

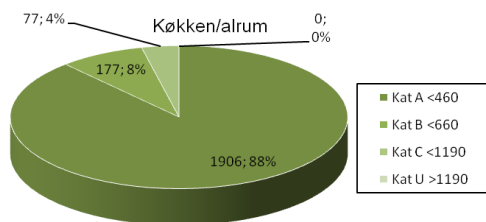


Figur 11.65: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.

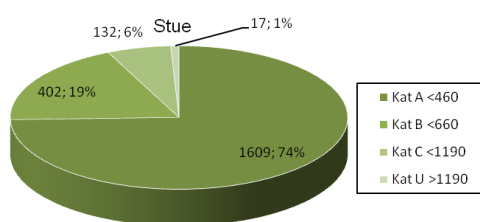


Figur 11.66: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

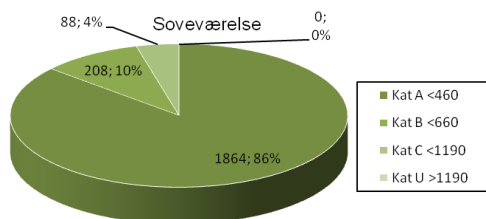
2010



Figur 11.67: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.

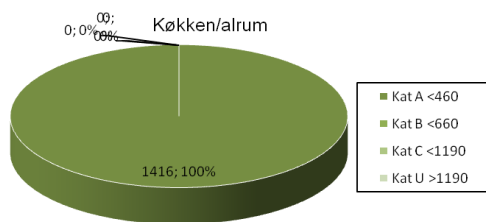


Figur 11.68: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.

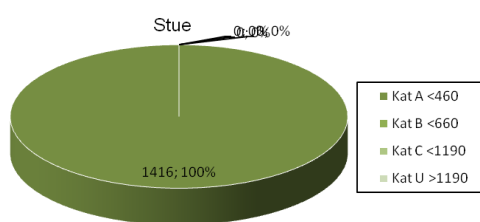


Figur 11.69: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

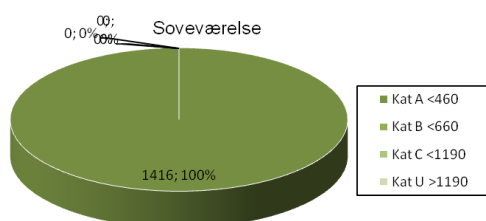
2011



Figur 11.70: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



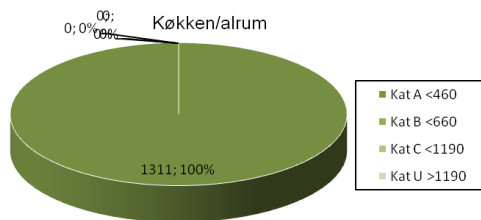
Figur 11.71: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



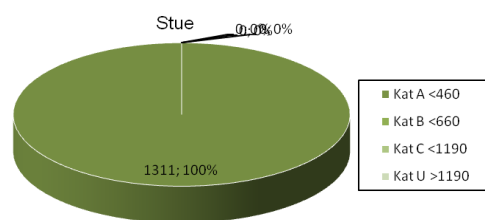
Figur 11.72: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.

## 11.2.4 Forårssituation

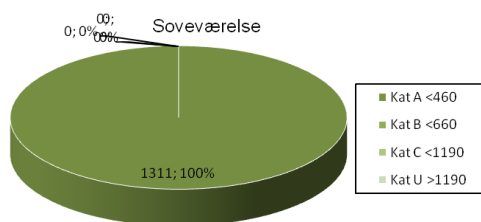
2009



Figur 11.73: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.

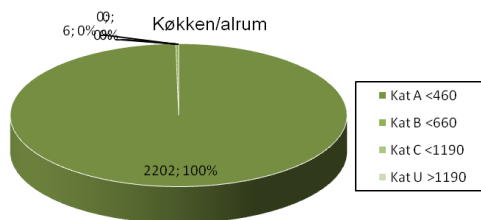


Figur 11.74: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.

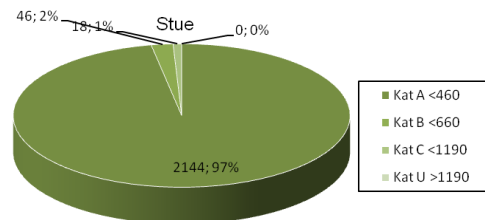


Figur 11.75: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

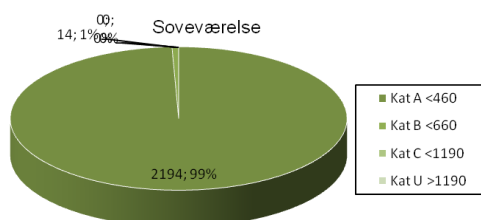
2010



Figur 11.76: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.

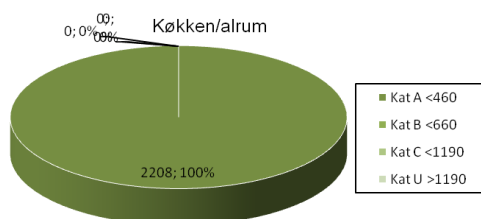


Figur 11.77: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.

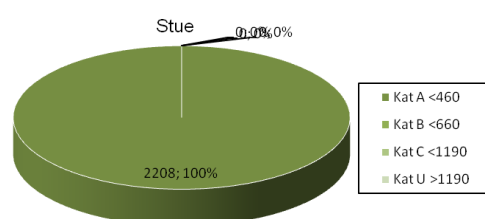


Figur 11.78: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

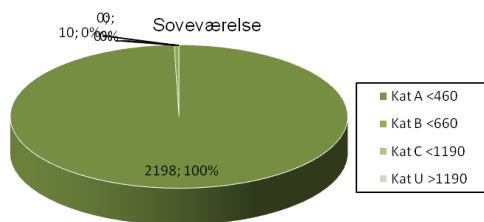
2011



Figur 11.79: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



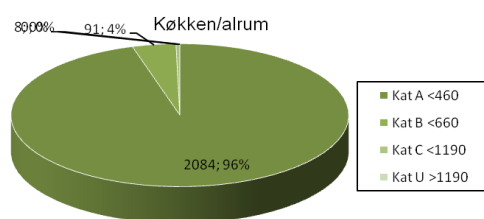
Figur 11.80: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



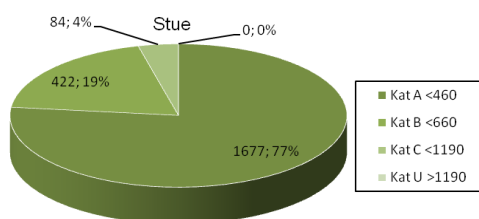
Figur 11.81: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

## 11.2.5 Efterårssituation

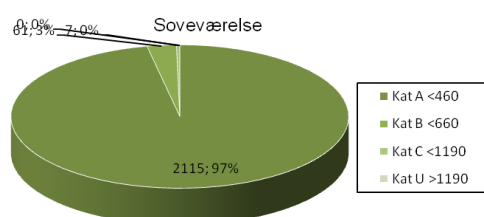
2009



Figur 11.82: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.

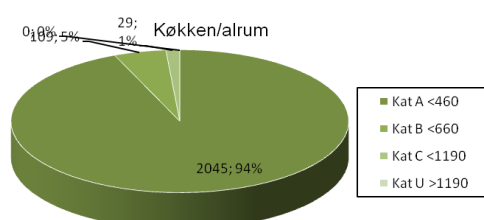


Figur 11.83: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.

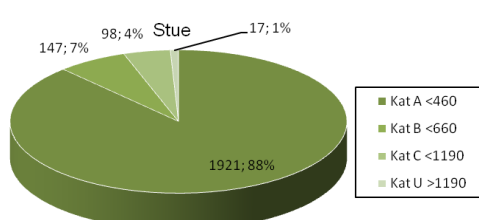


Figur 11.84: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

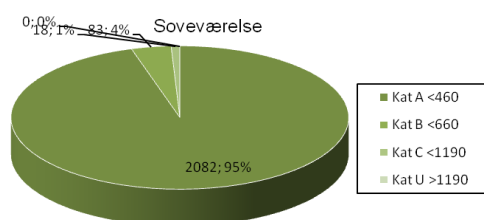
2010



Figur 11.85: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.

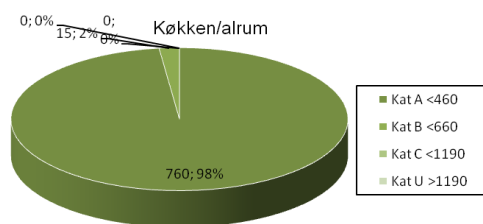


Figur 11.86: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.

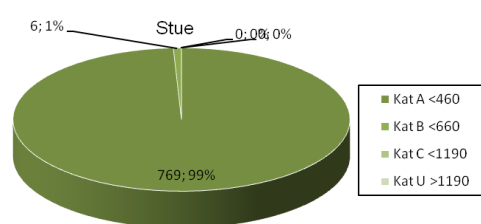


Figur 11.87: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

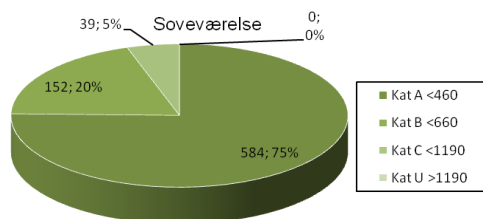
2011



Figur 11.88: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 11.89: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 11.90: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.

## 12. Bilag D – Atmosfærisk indeklima (fugt)

Dette bilag indeholder diagrammer for den relative luftfugtighed i huset opdelt på forskellige sæsoner i løbet af året. Vurderingen er lavet på baggrund af både CR1752 og DS/EN 15251, som beskrevet i afsnit 2.2.2.

Sæsonerne er defineret som:

Forår: marts, april, maj

Sommer: juni, juli, august

Efterår: september, oktober, november

Vinter: Januar, februar, december (samme år!)

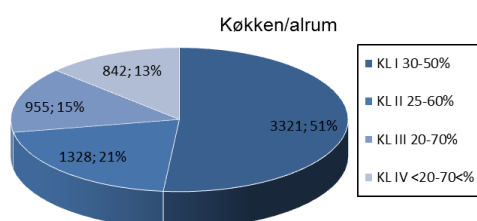
Vinteren 2009 er kun baseret på december, da huset stod tomt januar og februar.

### 12.1 Cirkeldiagrammer DS/EN 15251

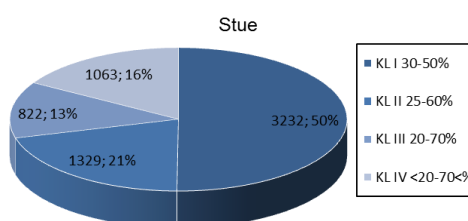
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

#### 12.1.1 Generel situation hele året

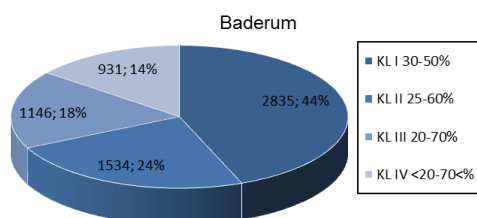
2009



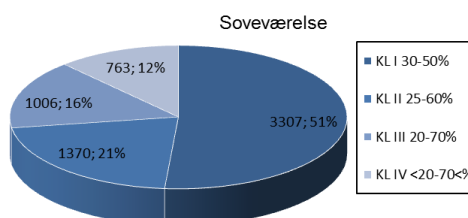
Figur 12.1: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



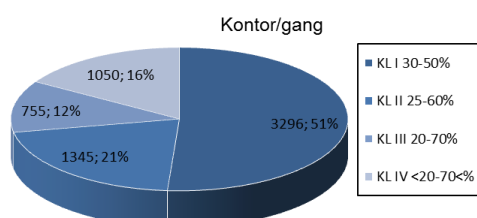
Figur 12.2: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 12.3: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

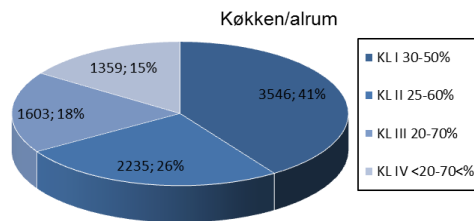


Figur 12.4: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

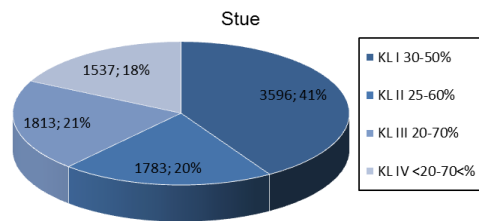


Figur 12.5: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2009.

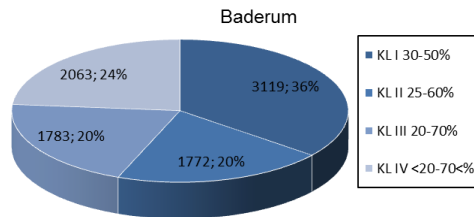
2010



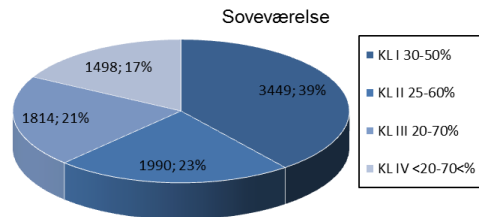
Figur 12.6: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.



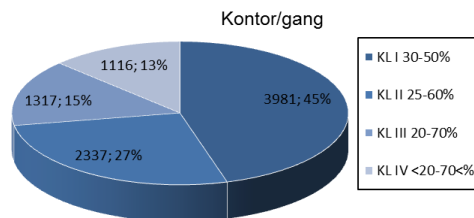
Figur 12.7: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.



Figur 12.8: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

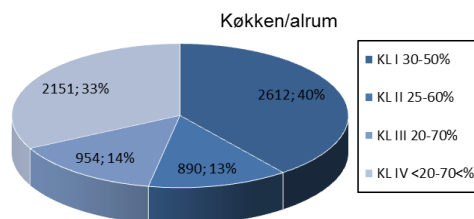


Figur 12.9: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

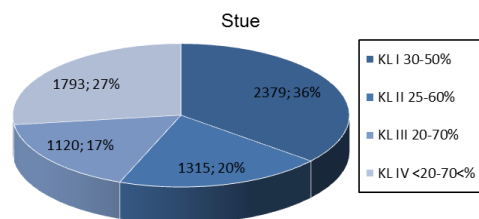


Figur 12.10: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2010.

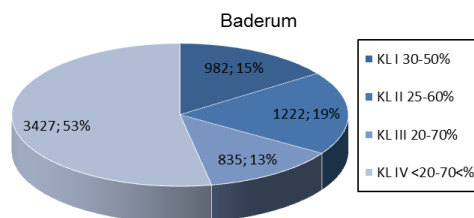
2011



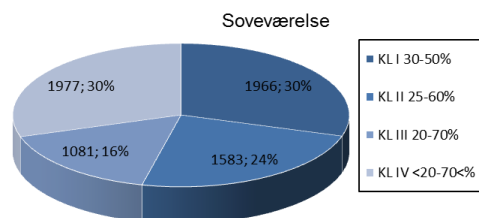
Figur 12.11: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



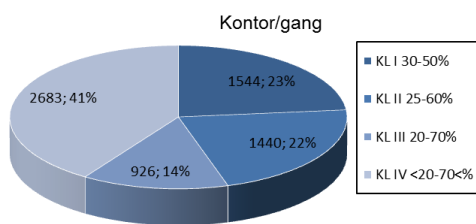
Figur 12.12: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 12.13: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



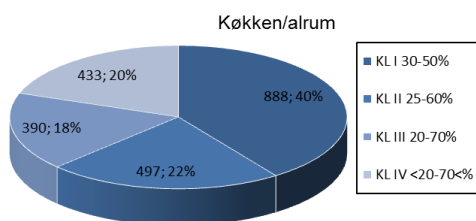
Figur 12.14: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.



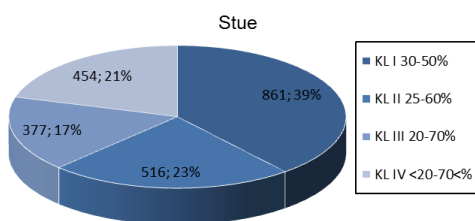
Figur 12.15: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2011.

## 12.1.2 Sommersituation

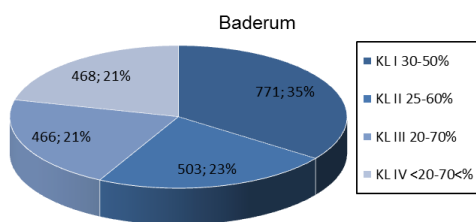
2009



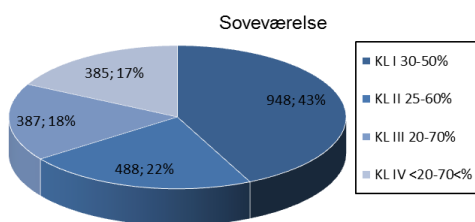
Figur 12.16: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



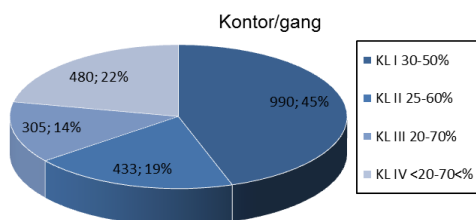
Figur 12.17: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 12.18: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

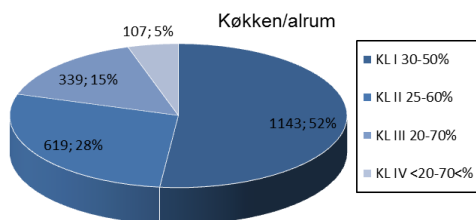


Figur 12.19: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

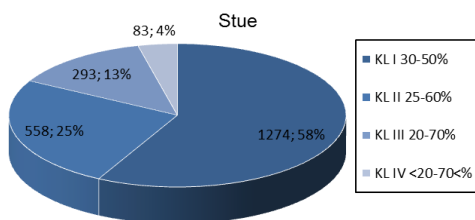


Figur 12.20: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2009.

2010

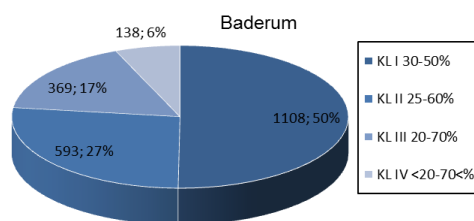


Figur 12.21: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.

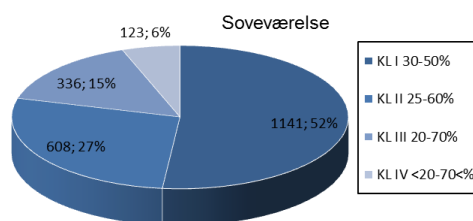


Figur 12.22: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.

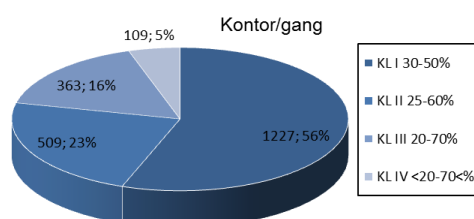




Figur 12.23: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

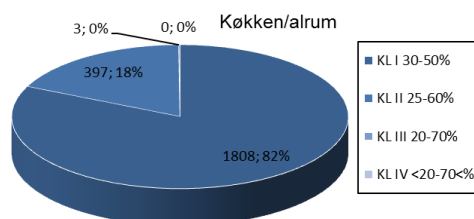


Figur 12.24: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

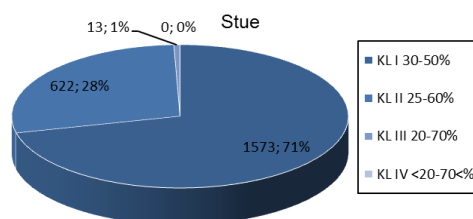


Figur 12.25: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2010.

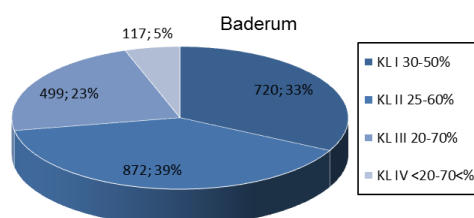
2011



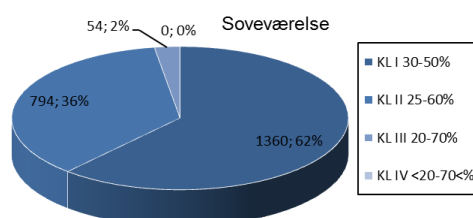
Figur 12.26: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



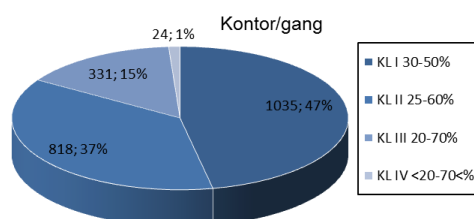
Figur 12.27: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 12.28: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



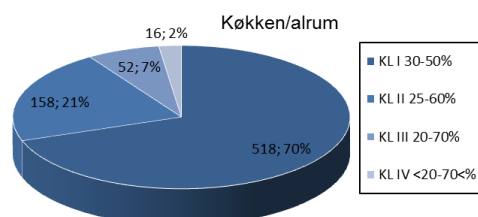
Figur 12.29: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



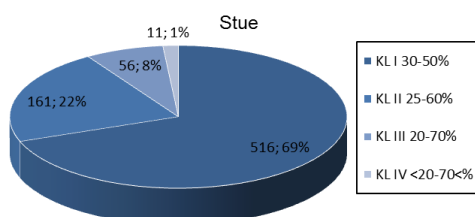
Figur 12.30: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2011.

### 12.1.3 Vintersituation

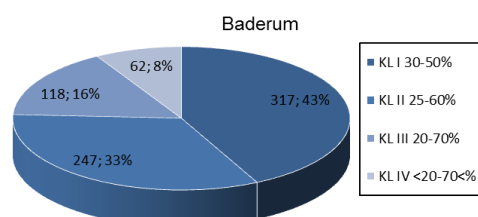
2009



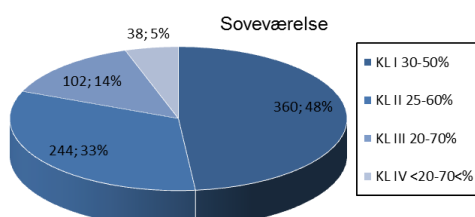
Figur 12.31: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



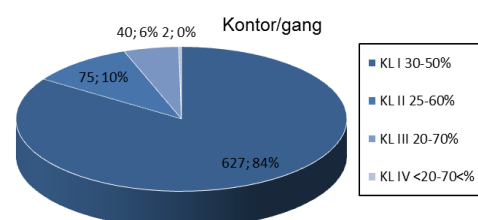
Figur 12.32: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 12.33: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

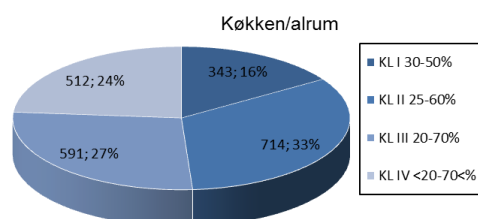


Figur 12.34: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

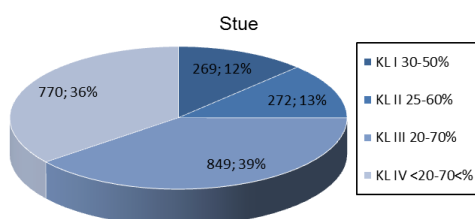


Figur 12.35: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2009.

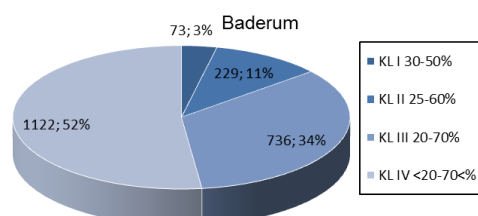
2010



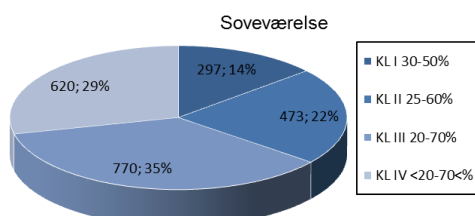
Figur 12.36: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



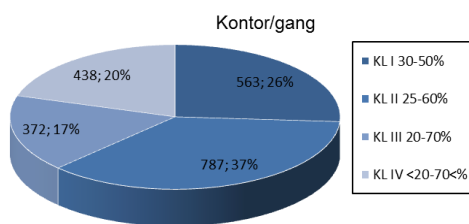
Figur 12.37: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 12.38: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

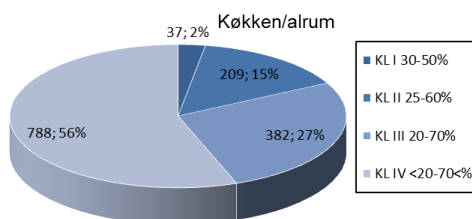


Figur 12.39: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

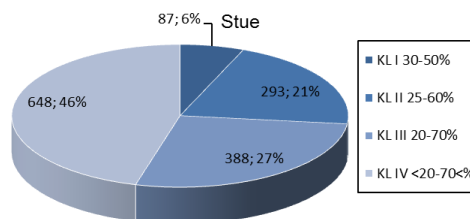


Figur 12.40: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2010.

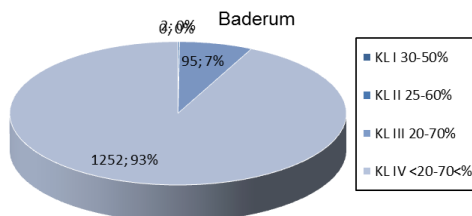
2011



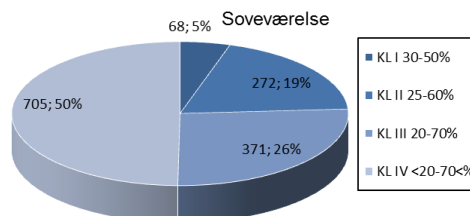
Figur 12.41: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



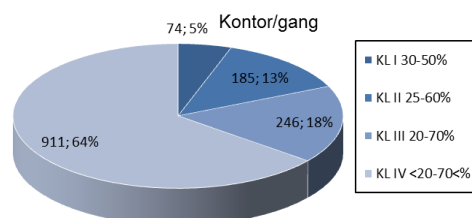
Figur 12.42: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 12.43: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



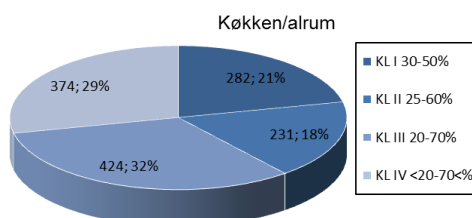
Figur 12.44: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.



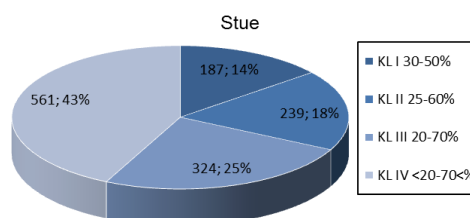
Figur 12.45: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2011.

## 12.1.4 Forårssituation

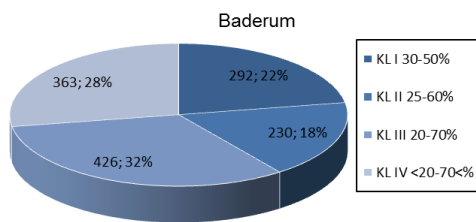
2009



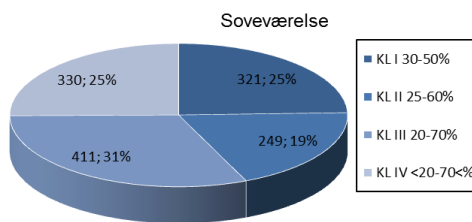
Figur 12.46: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



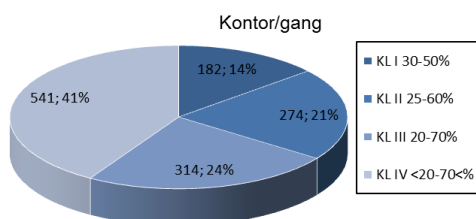
Figur 12.47: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 12.48: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

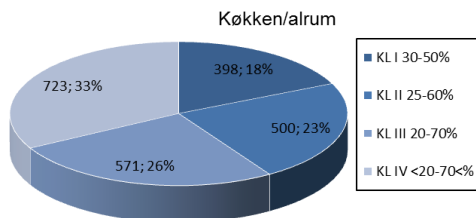


Figur 12.49: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

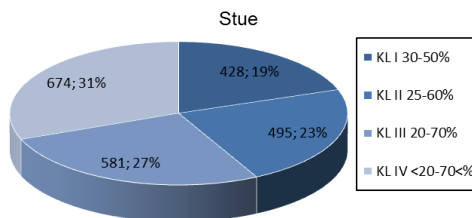


Figur 12.50: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2009.

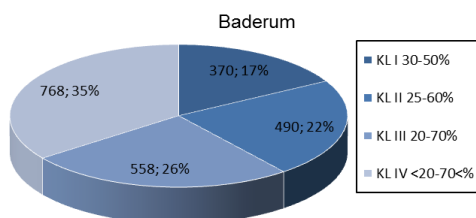
## 2010



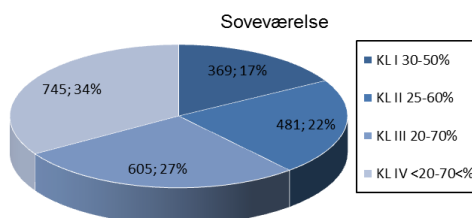
Figur 12.51: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



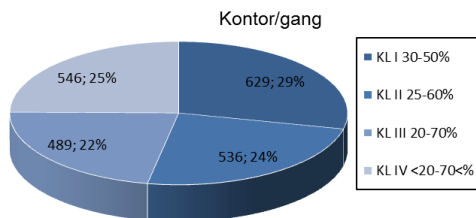
Figur 12.52: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 12.53: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

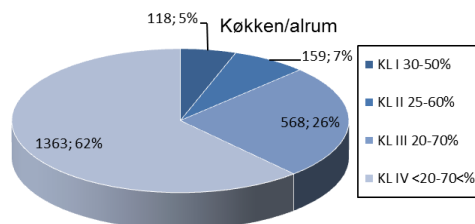


Figur 12.54: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

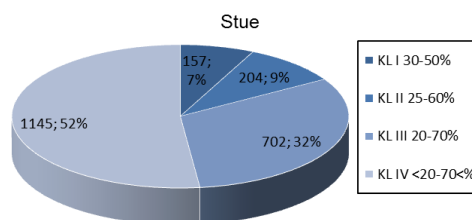


Figur 12.55: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2010.

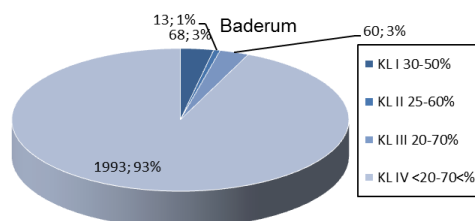
2011



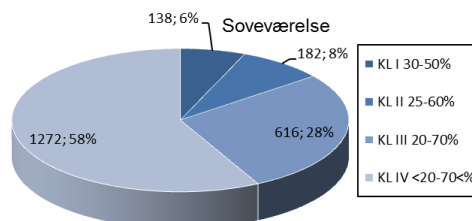
Figur 12.56: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



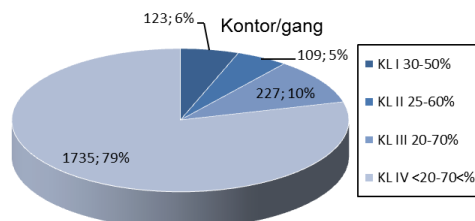
Figur 12.57: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 12.58: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



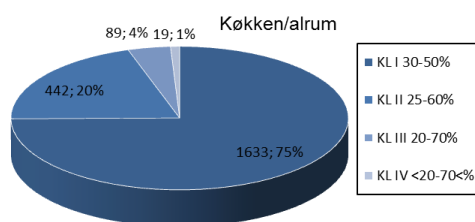
Figur 12.59: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.



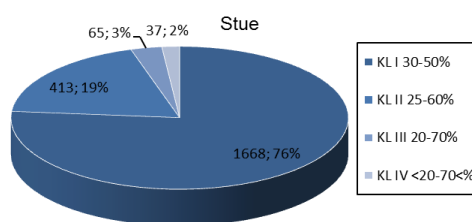
Figur 12.60: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

## 12.1.5 Efterårssituation

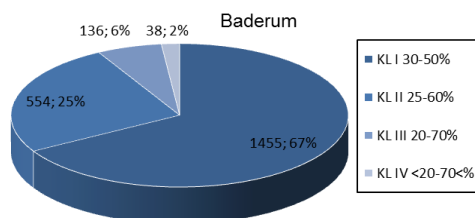
2009



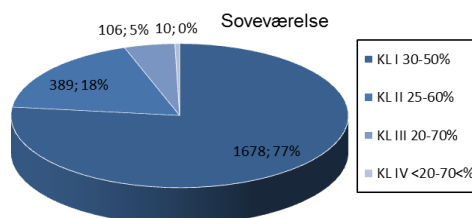
Figur 12.61: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



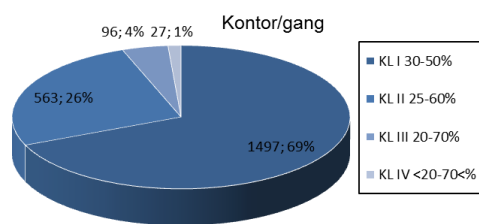
Figur 12.62: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 12.63: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

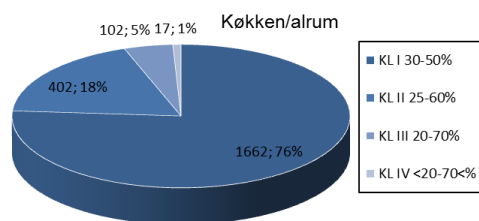


Figur 12.64: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

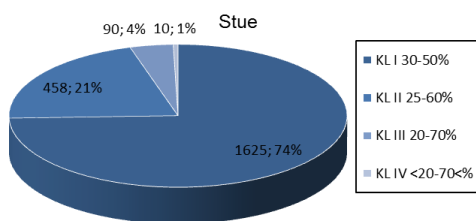


Figur 12.65: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2009.

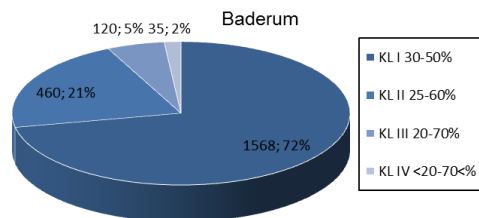
2010



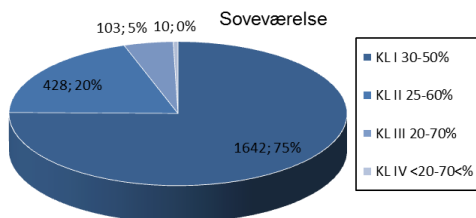
Figur 12.66: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



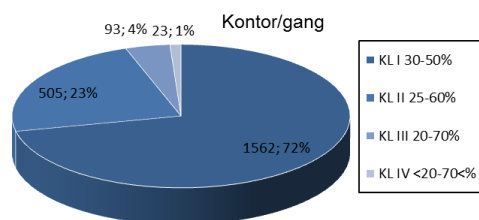
Figur 12.67: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.



Figur 12.68: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

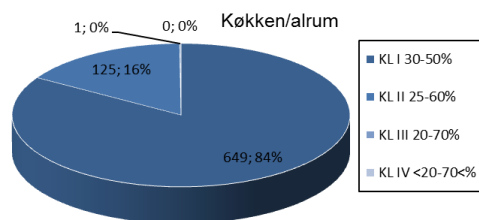


Figur 12.69: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

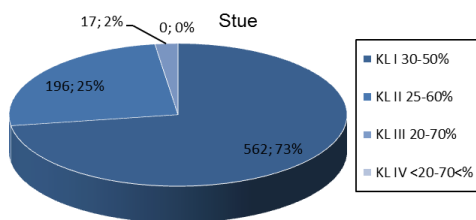


Figur 12.70: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2010.

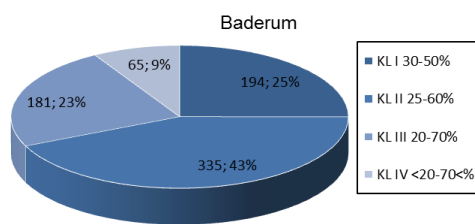
2011



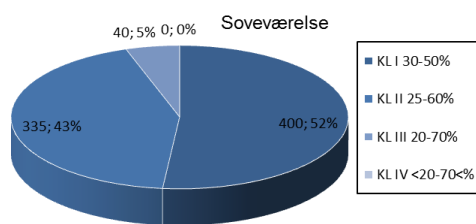
Figur 12.71: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



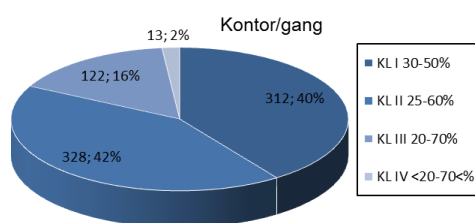
Figur 12.72: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.



Figur 12.73: Tidfördelning i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.74: Tidfördelning i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.



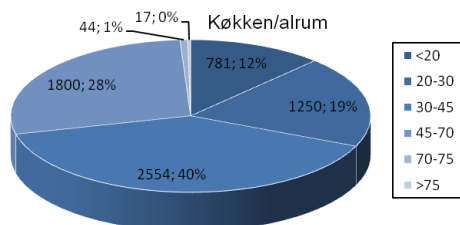
Figur 12.75: Tidfördelning i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2011.

## 12.2 Cirkeldiagrammer CR1752

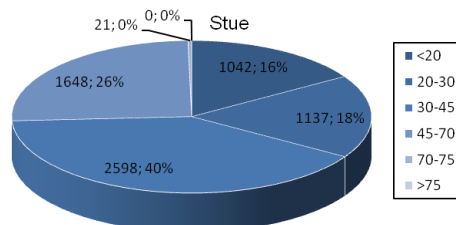
Cirkeldiagrammerne angiver hhv timer og % i hver kategori.

### 12.2.1 Generel situation hele året

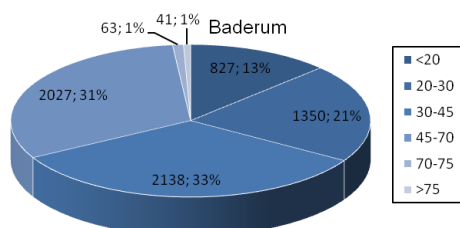
2009



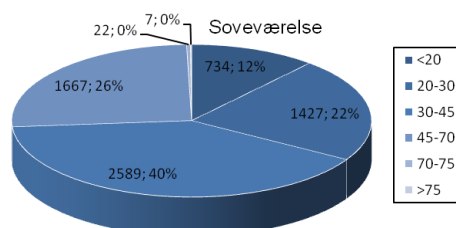
Figur 12.76: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2009.



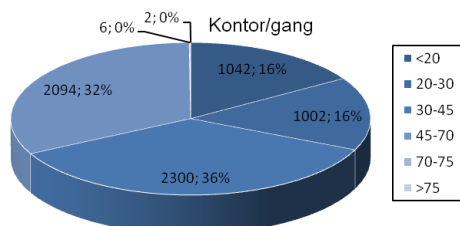
Figur 12.77: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2009.



Figur 12.78: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2009.

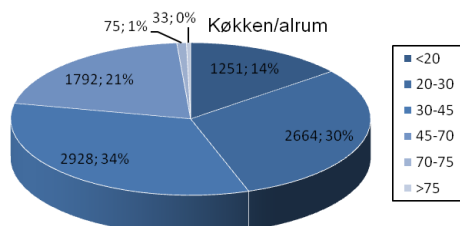


Figur 12.79: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2009.

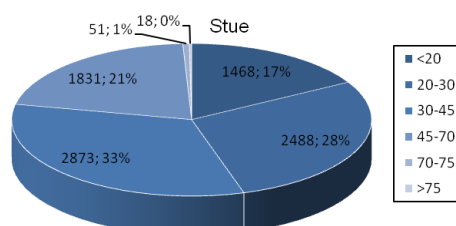


Figur 12.80: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2009.

2010

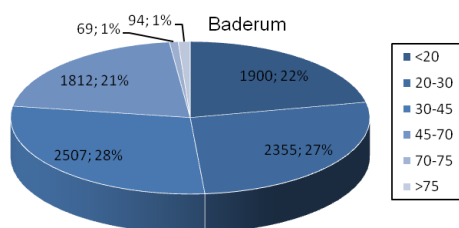


Figur 12.81: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2010.

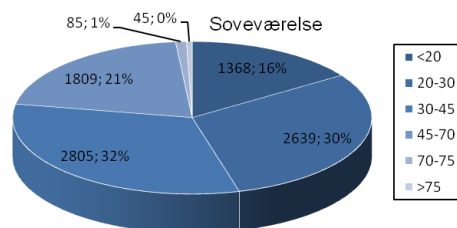


Figur 12.82: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2010.

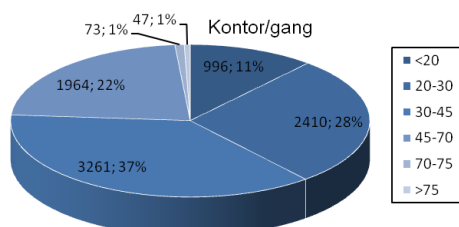




Figur 12.83: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2010.

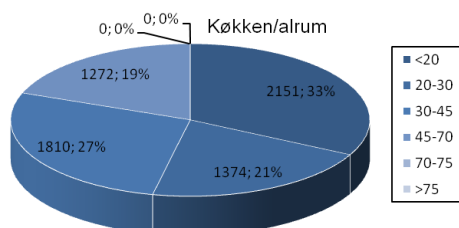


Figur 12.84: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2010.

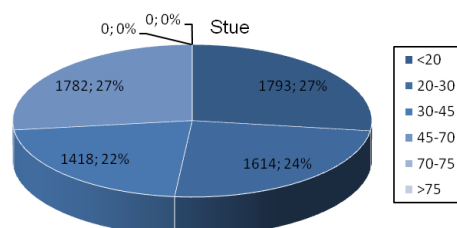


Figur 12.85: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2010.

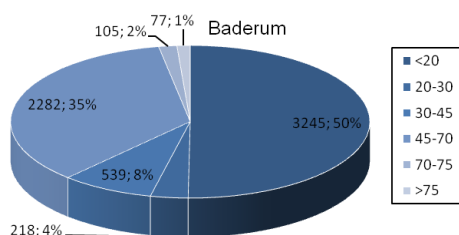
## 2011



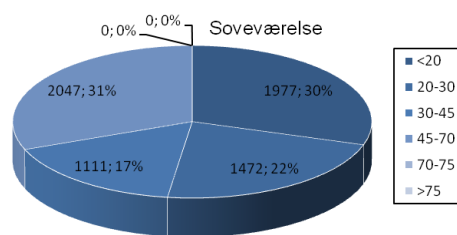
Figur 12.86: Timefordeling i komfortklasser for hele året i køkken/alrum i 2011.



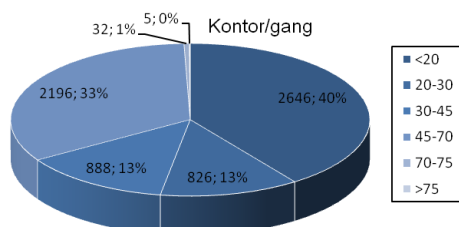
Figur 12.87: Timefordeling i komfortklasser for hele året i stue i 2011.



Figur 12.88: Timefordeling i komfortklasser for hele året i baderum i 2011.



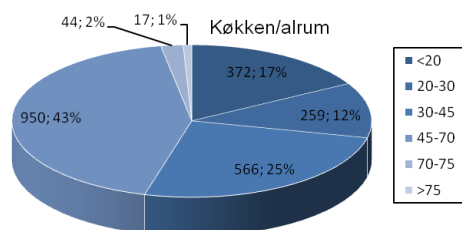
Figur 12.89: Timefordeling i komfortklasser for hele året i soveværelse i 2011.



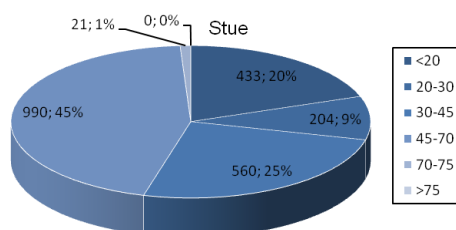
Figur 12.90: Timefordeling i komfortklasser for hele året i kontor/gang i 2011.

## 12.2.2 Sommersituation

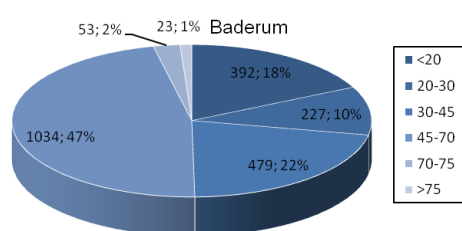
2009



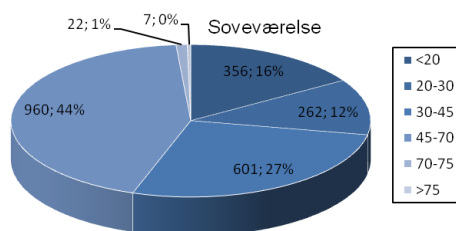
Figur 12.91: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2009.



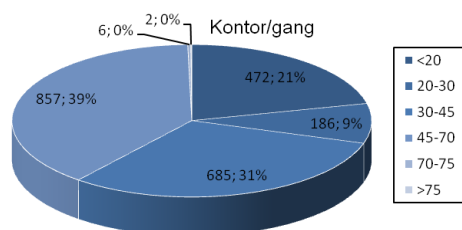
Figur 12.92: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2009.



Figur 12.93: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2009.

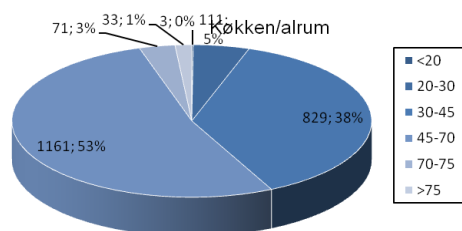


Figur 12.94: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2009.

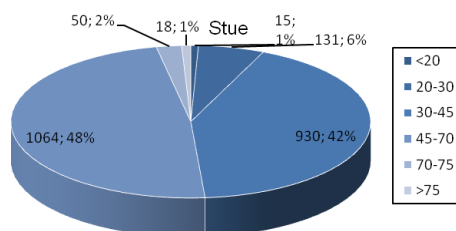


Figur 12.95: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2009.

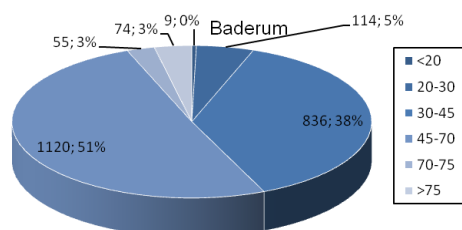
2010



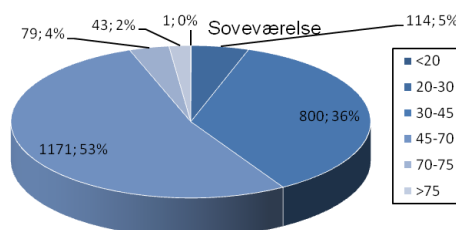
Figur 12.96: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2010.



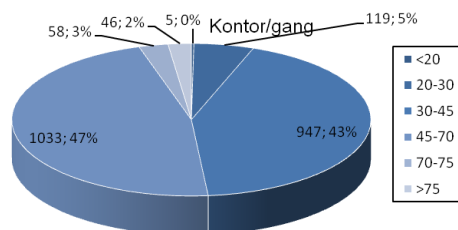
Figur 12.97: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2010.



Figur 12.98: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2010.

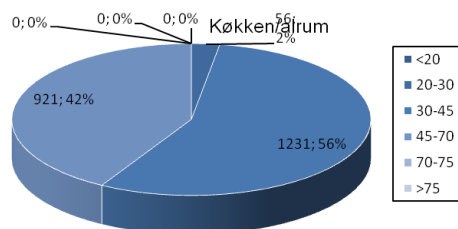


Figur 12.99: Timefordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2010.

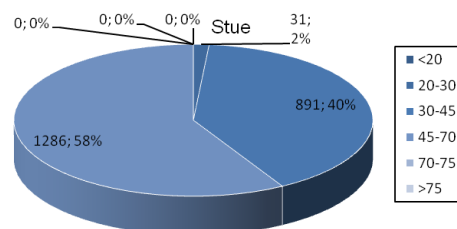


Figur 12.100: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2010.

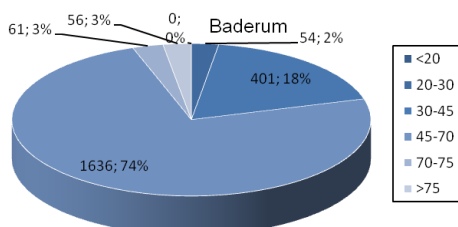
## 2011



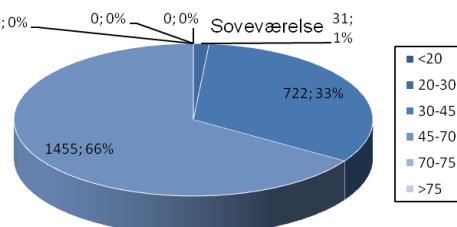
Figur 12.101: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i køkken/alrum i 2011.



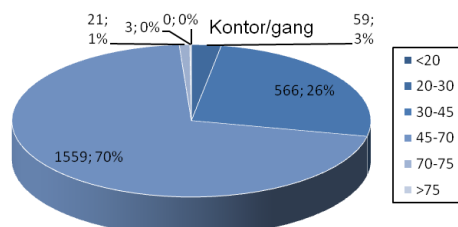
Figur 12.102: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i stue i 2011.



Figur 12.103: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i baderum i 2011.



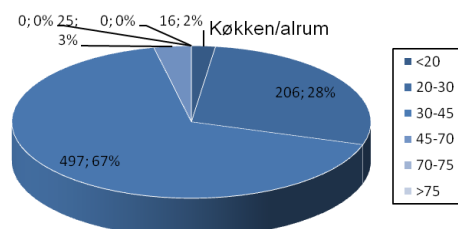
Figur 12.104: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i soveværelse i 2011.



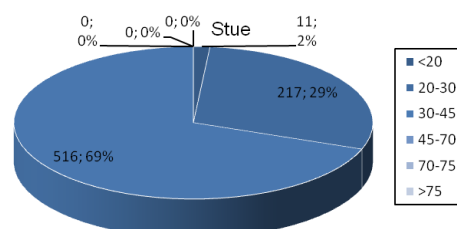
Figur 12.105: Tidfordeling i komfortklasser for sommersituation i kontor/gang i 2011.

## 12.2.3 Vintersituation

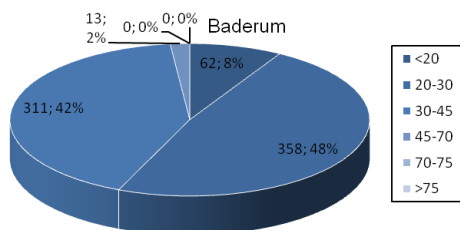
### 2009



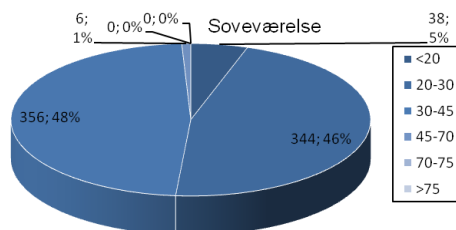
Figur 12.106: Tidfordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2009.



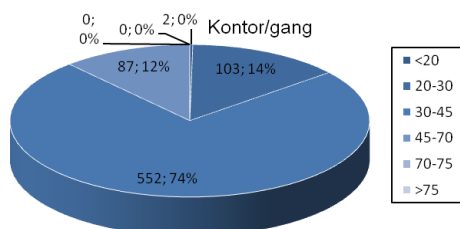
Figur 12.107: Tidfordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2009.



Figur 12.108: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2009.

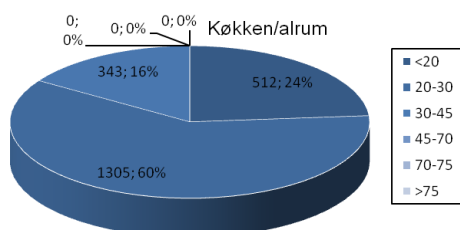


Figur 12.109: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2009.

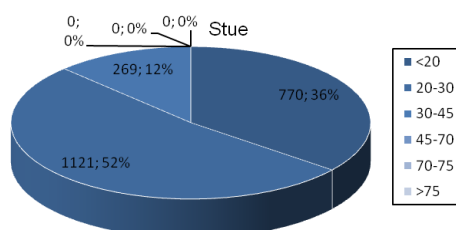


Figur 12.110: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2009.

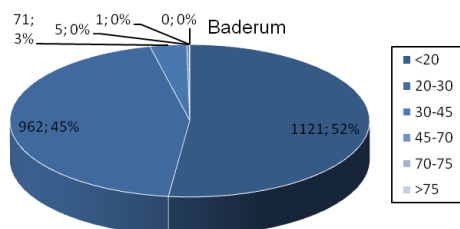
## 2010



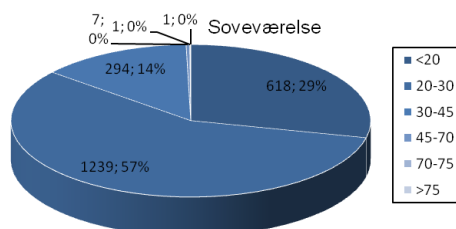
Figur 12.111: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2010.



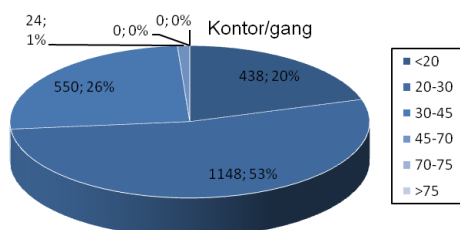
Figur 12.112: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2010.



Figur 12.113: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2010.

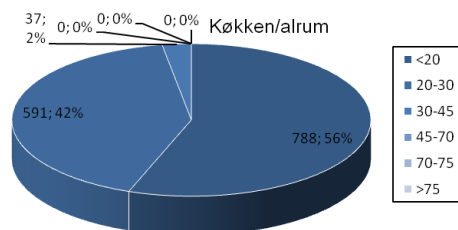


Figur 12.114: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2010.

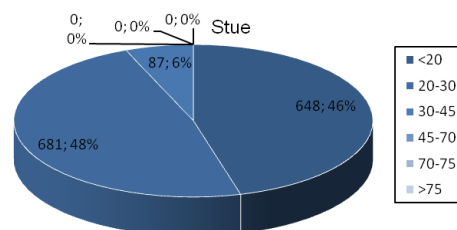


Figur 12.115: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2010.

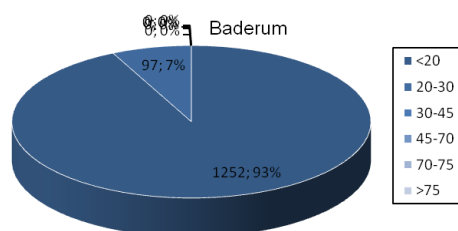
## 2011



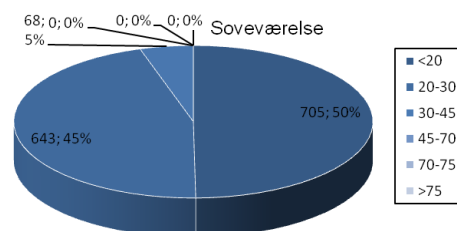
Figur 12.116: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i køkken/alrum i 2011.



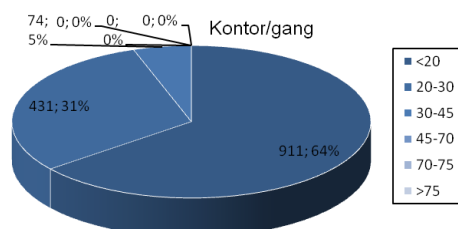
Figur 12.117: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i stue i 2011.



Figur 12.118: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i baderum i 2011.



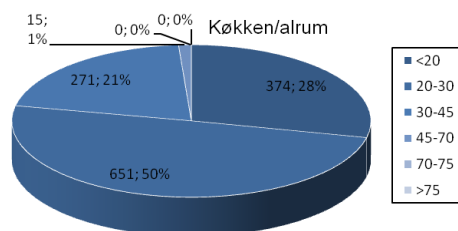
Figur 12.119: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i soveværelse i 2011.



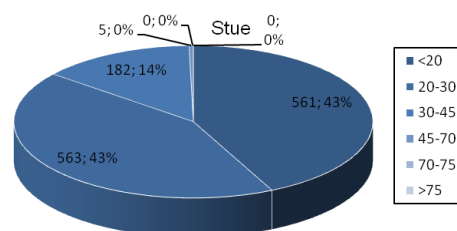
Figur 12.120: Timefordeling i komfortklasser for vintersituation i kontor/gang i 2011.

## 12.2.4 Forårssituation

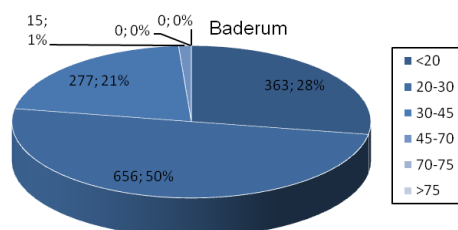
### 2009



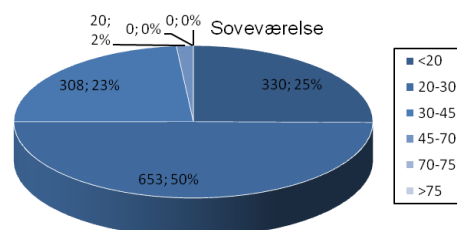
Figur 12.121: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2009.



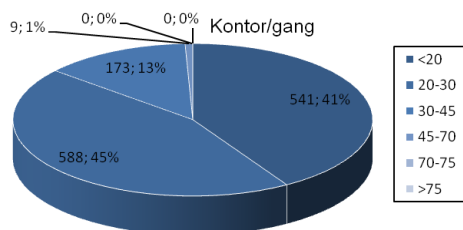
Figur 12.122: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2009.



Figur 12.123: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2009.

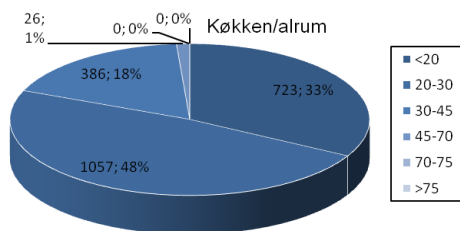


Figur 12.124: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2009.

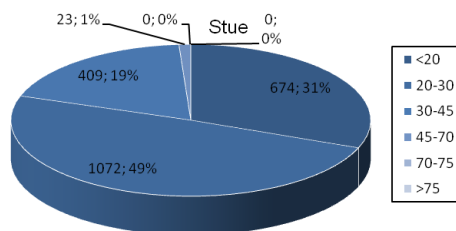


Figur 12.125: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2009.

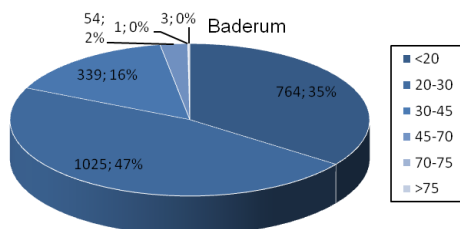
## 2010



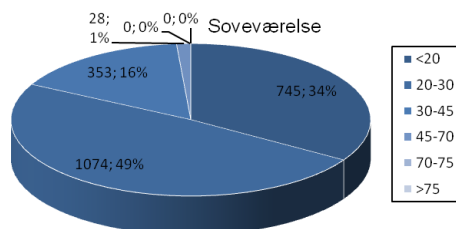
Figur 12.126: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2010.



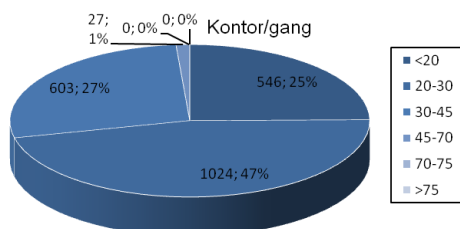
Figur 12.127: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2010.



Figur 12.128: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2010.

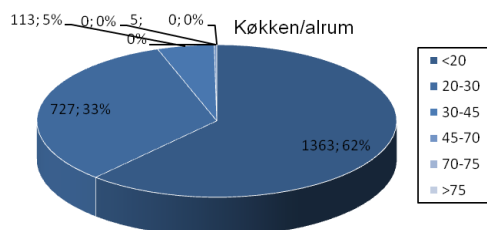


Figur 12.129: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2010.

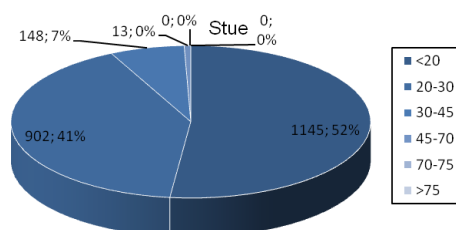


Figur 12.130: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i kontor/gang i 2010.

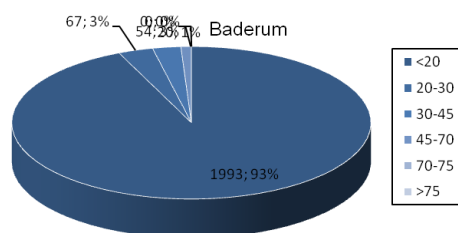
## 2011



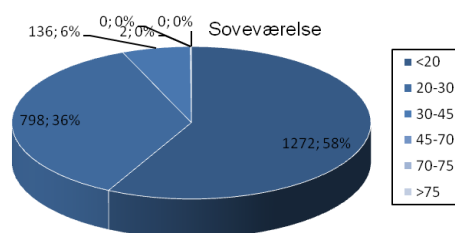
Figur 12.131: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i køkken/alrum i 2011.



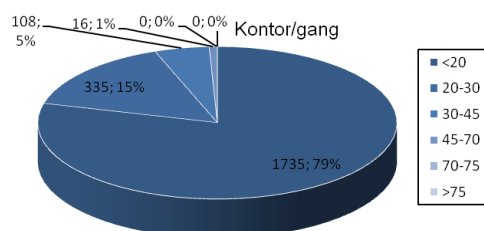
Figur 12.132: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i stue i 2011.



Figur 12.133: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i baderum i 2011.



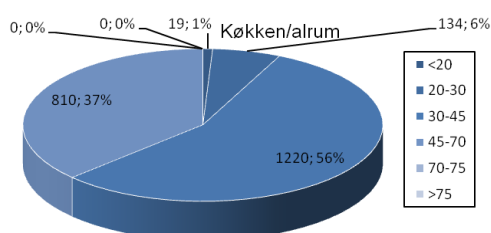
Figur 12.134: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.



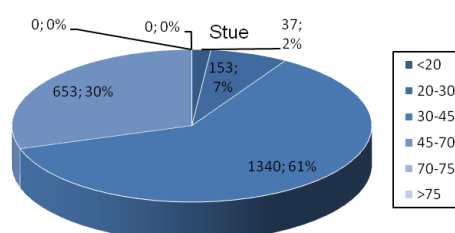
Figur 12.135: Timefordeling i komfortklasser for forårssituation i soveværelse i 2011.

## 12.2.5 Efterårssituation

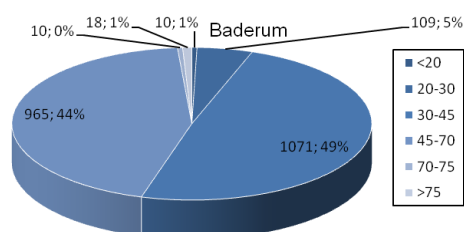
2009



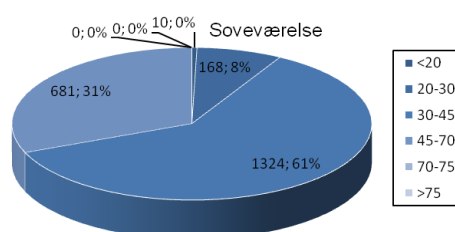
Figur 12.136: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2009.



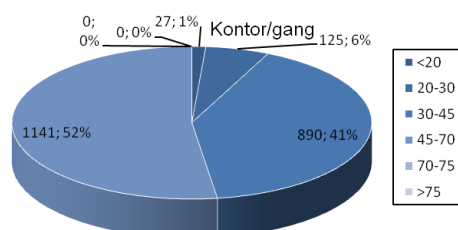
Figur 12.137: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2009.



Figur 12.138: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2009.

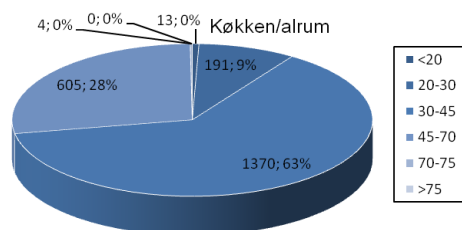


Figur 12.139: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2009.

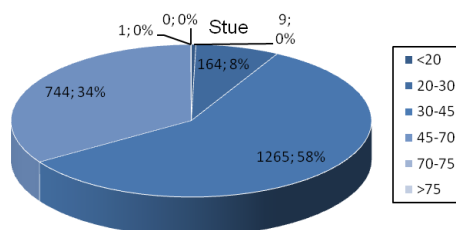


Figur 12.140: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2009.

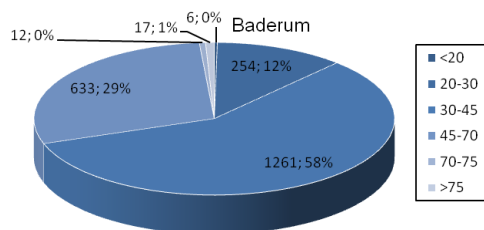
2010



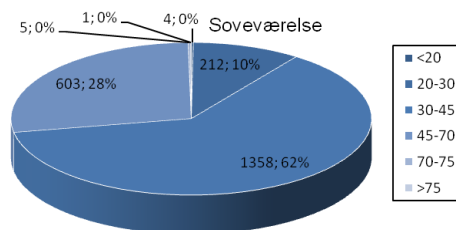
Figur 12.141: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2010.



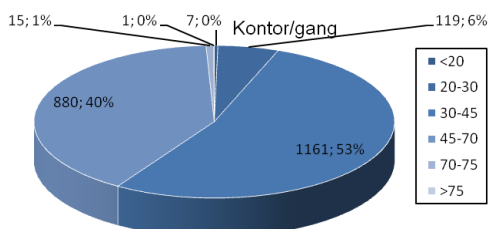
Figur 12.142: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2010.



Figur 12.143: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2010.

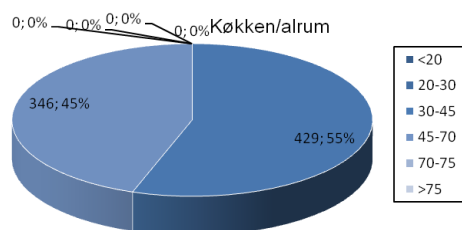


Figur 12.144: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2010.

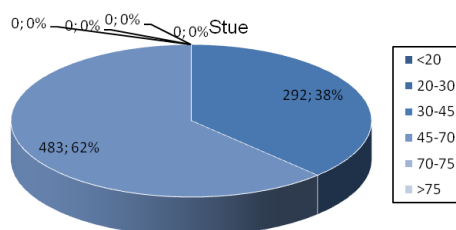


Figur 12.145: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2010.

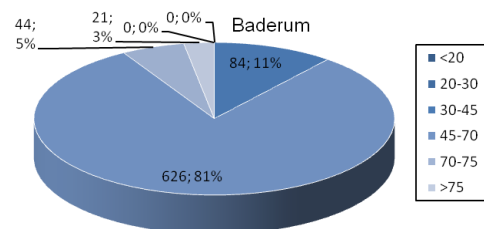
2011



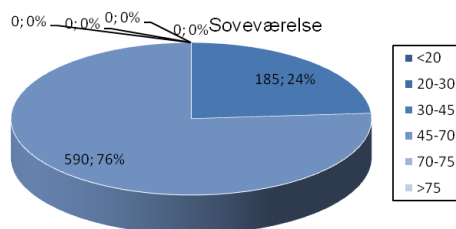
Figur 12.146: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i køkken/alrum i 2011.



Figur 12.147: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i stue i 2011.

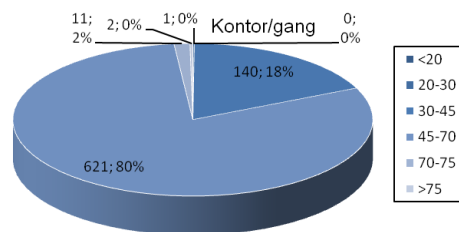


Figur 12.148: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i baderum i 2011.



Figur 12.149: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i soveværelse i 2011.





Figur 12.150: Timefordeling i komfortklasser for efterårssituation i kontor/gang i 2011.

### 13. Bilag E – Vejrdatasæt brugt i PHPP

Der er for hvert hus i projektet genereret et kunstigt år med målte data. Disse data sammenlignes med beregninger foretaget med reelle vejrdato for et kunstigt år med vejrdato for samme måneder, som det kunstige år med forbrugsmålinger.

Vejrdato er genereret i Meteonorm ud fra målinger i Billund. Da data for solindfald ikke forefindes i Billund, er data interpoleret ud fra målere i List, København og Tåstrup.

Med hensyn til heating og cooling load i PHPP, er disse værdier fastholdt på samme værdi som i oprindelig beregning.

For Stenagervænget 47 er følgende kunstige vejrdato brugt i PHPP:

Latitude	Longitude	Altitude	Daily Temperature Swing Summer
55,7°	9,2°	66m	8,5K

Month	j	f	m	a	m	j
Ambient temperature [°C]	-3,3	-3,2	2,8	6,9	8,9	13,9
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	5	9	17	29	42	55
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	9	21	37	69	89	109
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	24	54	67	94	91	97
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	9	23	40	68	86	98
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	12	30	57	105	138	164
Dew point [°C]	-3,3	-2,5	-0,2	2,7	6,6	9,8
Sky temperature [°C]	-14,1	-12,9	-9,5	-5,2	0,4	4,8

Tabel 13.1: Vejrdato til PHPP for første halvår af kunstigt år.

Month	j	a	s	o	n	d
Ambient temperature [°C]	16,8	16,7	13,4	7,4	7,4	0,3
North [kWh/m <sup>2</sup> ]	48	35	22	14	5	3
East [kWh/m <sup>2</sup> ]	98	76	44	32	8	3
South [kWh/m <sup>2</sup> ]	94	90	72	71	22	9
West [kWh/m <sup>2</sup> ]	89	75	50	35	10	4
Global [kWh/m <sup>2</sup> ]	152	118	72	46	13	6
Dew point [°C]	12,1	12,7	10,1	6,7	3,2	0,2
Sky temperature [°C]	8,0	8,8	5,3	0,5	-4,5	-8,9

Tabel 13.2: Vejrdato til PHPP for sidste halvår af kunstigt år.



## Bilag F: Styring af ventilation og radiator



Rådgivende Ingeniører A/S F.R.I.

### NOTAT

<b>Emne:</b>	Komforthus 1+2, styring VVS	<b>Dato:</b>	21-04-2008
<b>Sag:</b>	Komforthus 1+2	<b>Sagsnr.:</b>	07068+08009
<b>Til:</b>	Kent Bisgaard, PM & Søn	<b>Fra:</b>	Amdi Sanjød Worm

Hej Kent.

Hermed nærmere omkring styring af forvarmning på indtagsluft og styring af radiator på komforthus 1+2 som lovet. Jeg har desuden vedhæftet PDFere med dataark for de enkelte komponenter.

Komforthus 1:

- Styring af radiator:

- o Radiator styres med føler i indblæsningskanalen. Når lufttemperaturen i indblæsningskanalen overstiger 42 grader C aktiveres radiatoren ved at ventilen på returrørret åbner. Der anvendes følgende komponenter:
  - Radiatorventil på returrør som Danfoss RA-U DN15, med forindstillingsværdi på 4.
  - Termoaktuator på radiatorventil som Danfoss type TWA-A (NC) 230V tilslutning
  - Termostat type Danfoss RT 140 med kanalføler. Den indstilles som følger: Område indstilling 42 grader C, differensindstilling 2

Komforthus 2:

- Styring af radiator:

- o Radiator styres med føler i indblæsningskanalen. Når lufttemperaturen i indblæsningskanalen overstiger 42 grader C aktiveres radiatoren ved at ventilen på returrørret åbner. Der anvendes følgende komponenter:
  - Radiatorventil på returrør som Danfoss RA-U DN15, med forindstillingsværdi på 4.
  - Termoaktuator på radiatorventil som Danfoss type TWA-A (NC) 230V tilslutning
  - Termostat type Danfoss RT 140 med kanalføler. Den indstilles som følger: Område indstilling 42 grader C, differensindstilling 2

- Styring af indtagsluft

- o Indtagsluftens temperatur skal konstant være over 0 grader C for at holde veksleren frostfri. Der påmonteres en varmeplade på indtagsluften. Falder indtagsluftens temperatur til under 5 grader C åbnes der for ventilen på returen af rørsættet til varmepladen. Der anvendes følgende komponenter:
  - Radiatorventil på returrør som Danfoss RA-U DN15, med forindstillingsværdi på 4.
  - Termoaktuator på radiatorventil som Danfoss type TWA-A (NC) 230V tilslutning
  - Termostat type Danfoss KP61 med kanalføler. Den indstilles som følger: Område indstilling 4 grader C differensindstilling 1

KØBENHAVN	: Carl Jacobsens Vej 25D	2500 Valby	Telefon: 33 26 73 00	Fax: 33 26 73 01	E-mail: esb.cph@esbensen.dk
SØNDERBORG	: Møllegade 54	6400 Sønderborg	Telefon: 73 42 31 00	Fax: 73 42 31 01	E-mail: esb.sdb@esbensen.dk
AARHUS	: Rosenkrantzgade 23, 4.	8000 Aarhus C.	Telefon: 86 19 24 00	Fax: 86 19 24 04	E-mail: esb.aar@esbensen.dk



Kunde: **Esbensen A/S**  
 Attention: **Jonas**  
 Tilbudsnr.: **PD05286 / pd**

Version 5.20.1  
 Dato 24-04-2008 Side 1

Reference : 1 -  
 Coilkode : **HW-ES-1,6-290-233-2R-1-S-Cu/Al**

**Kapacitet 2,08 kW**

**Data luftside**

Barometrisk tryk **101,325 kPa**  
 Densitet **1,225 kg/m³**  
 Luftmængde **0,058 m³/s**  
 Lufthastighed **0,86 m/s**  
 Tilgangstemperatur **16,00 °C**  
 Afgangstemperatur **45,00 °C**

Lufttryktab **9 Pa**

**Væskedata**

Medium	Vand
Tilgang	<b>65,00 °C</b>
Afgang	<b>42,00 °C</b>
Væskemængde	<b>0,02 l/s</b>
Vækehastighed	<b>0,20 m/s</b>
Densitet	<b>986,320 kg/m³</b>
Væskevarmefylde	<b>4.182,00 J/kg/K</b>
Væske varmetrans	<b>0,648 W/m/K</b>
Viskositet	<b>0,517 mPa.s</b>
Tryktab	<b>0,5 kPa</b>

**Fysiske data**

Tør vægt **4,2 kg**  
 Rør **Cu 0,35 x 12**  
 Stokke (L) **Cu**  
 Dim. [B" x H" x L"] **370 x 245 x 60**

Volume **0,58 dm³**  
 Overfladeareal **4,37 m²**  
 Lameller **Al 0,13**  
 Ramme **Galv 1,5mm**  
 Tilslutningsdim. **1 x 1/2" Gevind**

**Pris og levering**

Pris pr. stk **1.680,00 DKK**  
 Antal **1**

Levering **4-5 Uge(r)**

**Tilbehør**

Emballage, Open Slatted Crate

Betalingsbetingelser er 30 dage netto.  
 Priser er netto pr. stk. i DKK excl. moms.

Tilbudet er afgivet i henhold til vore sælge- og leveringsbetingelser.  
 Tilbudet er gældende i 60 dage.  
 Levering er DDU INCOTERMS 2000

Med venlig hilsen  
 Peter Dybdahl



